

ÉTUDE
SUR LE
QUATERNAIRE
DU
PLATEAU DE LA PETITE POLOGNE

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL
POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES

PAR

STANISŁAW LENCEWICZ

ASSISTANT AU LABORATOIRE DE GÉOLOGIE DE L'UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL
COLLABORATEUR DE LA COMMISSION PHYSIOGRAPHIQUE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
DE CRACOVIE

Extrait du tome XXV

du « Bulletin de la Société Neuchâteloise de Géographie », 1916

NEUCHÂTEL
IMPRIMERIE ATTINGER FRÈRES

1916

Je considère comme un devoir agréable de remercier sincèrement ici mon professeur M. le Dr Émile Argand, pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter au présent travail.

ÉTUDE SUR LE QUATERNAIRE
DU PLATEAU DE LA PETITE POLOGNE

*La Faculté des Sciences de l'Université de Neuchâtel,
sur le rapport de M. le professeur E. Argand, autorise l'im-
pression de la présente thèse, sans exprimer d'opinion sur
les propositions qui y sont contenues.*

Le Doyen,

Dr O. FUHRMANN.

Neuchâtel, novembre 1915.

ÉTUDE SUR LE QUATERNAIRE DU PLATEAU DE LA PETITE POLOGNE

PAR

STANISLAS LENCEWICZ

Assistant au Laboratoire de géologie de l'Université de Neuchâtel

*Collaborateur de la Commission physiographique de
l'Académie des Sciences de Cracovie.*

I. INTRODUCTION

1. Description topographique et géologique du pays.

Le pays qui fait l'objet de ce travail présente une certaine unité topographique. Il embrasse les contrées connues sous le nom de Plateau de la Petite Pologne (Małopolska). Ce pays est limité au Sud par la Vistule¹, à l'est par son affluent de gauche la Kamienna, à l'Ouest par le Prądnik et au Nord-Ouest par la Pilica. Ce territoire est constitué dans sa partie orientale par

¹ Tous les noms locaux mentionnés dans la description géographique d'ensemble et dans la partie spéciale sont indiqués sur les cartes topographiques que j'ai utilisées (voir la bibliographie). Outre la carte topographique (russe, imprimée en caractères cyrilliques, on peut consulter les cartes suivantes :

Generalkarte von Mitteleuropa, 1 : 200.000. Herausgegeben vom K. K. Militärgeographischen Institut in Wien. W. Liebenow. Spezialkarte von Mitteleuropa, 1 : 300.000. Blätter 65, 78, 79, 80 und 83.

des plis hercyniens supportant en discordance des terrains mésozoïques affectés de larges ondulations synclinales.

Entre la Vistule et la Pilica s'allongent du NW au SE des montagnes hercyniennes. C'est ce que Pusch (2)¹ appelait « Polnische Mittelgebirge », ou montagnes de Sandomierz ; on leur donne encore les noms de montagnes de Kielce, de Święty Krzyż (Sainte-Croix) ou encore de Łysa Góra. Toutefois ces deux dernières appellations ne conviennent qu'à la crête la plus haute. Les montagnes de Kielce forment la partie la plus élevée du plateau de la Petite Pologne. Ce massif affecte, en plan, la forme d'une ellipse dont le grand axe mesure 70 km. du NW au SE. Le petit axe a environ 20 km. C'est un pays très ondulé. Les collines et les crêtes ont quelques centaines de mètres d'altitude relative. Elles sont groupées en chaînes parallèles dont le plus grand nombre occupe la partie septentrionale et occidentale du territoire. Dans l'ensemble, on peut distinguer deux chaînes parallèles dirigées du NW au SE.

Seule la partie nord-ouest a un caractère montagneux ; la partie sud-est est une surface plane coupée de nombreux ravins. Les calcaires dolomitiques dévoniens et les quartzites siluriens, qui sont les roches les plus résistantes du pays, sont naturellement mieux épargnés par l'érosion et restent en saillie. C'est pourquoi la partie occidentale des montagnes de Kielce conserve un paysage montagneux, à nombreuses crêtes parallèles que séparent des vallées longitudinales adaptées à la tectonique. Au SE de Kielce le paysage, par contre, est plus plat.

La crête la plus élevée est celle qui s'allonge de Machocice à Slupia, dans la direction NW-SE. L'altitude absolue de cette crête dépasse 600 m. ; sa longueur, d'après certains auteurs, est de 15 km. On place habituellement l'extrémité méridionale de cette crête au sommet de Święty Krzyż (Łysa Góra 592 m.) et l'extrémité septentrionale au sommet de Łysica (610 m.). Mais la crête se prolonge beaucoup plus loin. Au NW, elle se poursuit dans ce qu'on appelle la montagne de Masłów. Au SE elle

¹ Les numéros en italiques renvoient à la bibliographie ; les numéros en lettres grasses se rapportent à la liste des affleurements.

est connue sous le nom de montagne de Jeleniów (530 m.) et de Witosławice. Ces deux dernières crêtes forment un alignement plus méridional que la Łysa Góra, car elles sont déplacées par un décrochement. Ainsi la chaîne entière s'allonge de Kajetanów, au NW, à Opatów au SE. Elle n'est entaillée que par deux vallées transversales. Sur toute sa longueur, la crête est faite de quartzites siluriens.

La crête de Dyminy est la deuxième grande crête. Elle commence au NW près de Jaworzno et se termine aux environs de Iwaniska. Elle est, dans l'ensemble, parallèle à la Łysa Góra, mais elle est divisée en tronçons qui ne se suivent pas toujours exactement et ont en conséquence reçu des noms différents. Les plus considérables de ces tronçons forment la montagne de Poslowice et celle de Dyminy, qui donne son nom à toute la crête allongée dans la même direction. La montagne de Dyminy est située à 4 km. au Sud de Kielce et sa partie la plus élevée atteint l'altitude de 375 m. C'est une crête anticlinale étroite, à flancs dévoniens très raides et noyau silurien. A l'Est de cette crête se trouve le sommet isolé appelé Telegraf (402 m.). La partie la plus élevée de la chaîne est à l'extrémité orientale et prend le nom de montagne de Cisów (426 m.).

Au Nord de la Łysa Góra s'allonge la crête isoclinale et parallèle de Klonów, formée de roches dévoniennes et triasiques (grès bigarré). L'extrémité méridionale, dévonienne, de cette crête forme au Sud de Bodzentyn deux dômes appelés Stawiana Góra et Miejska Góra (576 m.).

Dans la vallée longitudinale qui sépare la chaîne de Łysa Góra de celle de Dyminy se trouve une crête isoclinale, divisée par des vallées transversales en un certain nombre de collines, formées principalement de calcaire dévonien.

On rencontre également des sommets calcaires isoclinaux à l'Ouest de la chaîne de Dyminy ; citons en particulier la crête de Chęciny (355 m.) et de Zelejowa (371 m.). Il y en a d'autres moins importantes, notamment la crête dévonienne de Zbrza qui surgit du territoire mésozoïque.

Les plus grandes altitudes se trouvent sur la ligne Łysica-Dąbrowa. A partir de là les montagnes s'abaissent vers l'Ouest

et vers l'Est. Il convient d'ajouter que la moitié orientale et la moitié occidentale de cette région diffèrent au point de vue morphologique. La moitié orientale est peu disséquée, elle est étroite et composée de deux crêtes siluriennes seulement. A l'Est, ces crêtes s'enfoncent graduellement sous le plateau de loess, qui les entoure de l'Ouest à l'Est.

La partie occidentale, au contraire, se résout en montagnes nombreuses, dont j'ai parlé plus haut.

L'altitude des sommets diminue uniformément du Nord au Sud. Si nous nous figurons la surface tangente aux sommets de la partie occidentale des montagnes de Kielce, nous la voyons s'incliner au SW, tandis que sa partie culminante se trouve dans le centre-nord du territoire, sur le grès bigarré triasique et le grès dévonien à *Spirifer*.

Les dépôts paléozoïques qui forment le noyau des montagnes de Kielce sont fortement plissés et rejetés par des failles et des décrochements. Le Mésozoïque faiblement plissé recouvre en discordance le bord des anciens môles paléozoïques. Les plis paléozoïques s'allongent en général de l'WNW à l'ESE, et les plis des terrains mésozoïques, monlés sur les bords des môles anciens, vont du NW au SE.

Les dépôts primaires dont je viens de parler s'enfoncent au Nord, à l'Est et à l'Ouest sous le Mésozoïque. Le dernier entoure l'ellipse paléozoïque d'un ruban très large, en forme de fer à cheval ouvert au Sud. Dans cette région le Mésozoïque manque et les terrains primaires sont recouverts directement par le Néogène et le loess. Au Sud-Est, ils sont brusquement interrompus et restent séparés du horst podolien par la fosse de la Galicie orientale et de la Wolhynie.

★

La constitution pétrographique n'est pas indifférente pour l'étude de la morphologie ; je vais donc en donner un aperçu.

Les roches les plus anciennes du territoire sont les quartzites du Cambrien et des schistes durs, noirs et satinés de même âge.

Ces dépôts ne forment pas d'unité topographique indépendante. Les deux affleurements les plus importants apparaissent sur le versant gauche de la vallée de la Vistule près de Sandomierz et sur le versant de la Lubrzanka, près de Machocice.

Le Silurien est représenté par des schistes argileux à *Graptolites*. Il va sans dire que ces roches tendres déterminent des bandes déprimées. Sur les schistes à *Graptolites* reposent des quartzites gris (Grauwackes) qui forment des crêtes.

Les crêtes les plus élevées et les plus importantes sont formées de quartzites gris dont la partie haute a fourni des fossiles du Dévonien inférieur (*Psammosteus*, *Heterosteus*, *Bothriolepis*). La partie basse de ces quartzites qui est dépourvue de fossiles, est regardée par Sobolev (28) comme silurienne.

Le Dévonien moyen est représenté sur notre territoire par des calcaires. Les uns sont durs, dolomitiques, et façonnés en « monadnocks » comme on peut le voir à Karczówka, Kadzielnia, Wietrznia; les autres sont des calcaires coralligènes, comme par exemple à la crête de Chęciny. Soulignons encore le fait que les reliefs de calcaire dévonien se tiennent à l'altitude de 300 à 400 m., tandis que les quartzites forment les plus hauts sommets (610 m.).

Le Dévonien supérieur est fait de schistes calcaréo-marneux avec intercalations calcaires. Par suite de sa moindre résistance, il forme aujourd'hui des régions déprimées. Dans les synclinaux dévoniens reposent des conglomérats sans fossiles, parfois rattachés au Dévonien lui-même.

Le Carbonifère manque complètement dans les montagnes de Kielce et le Permien n'affleure qu'à Kajetanów. Ses schistes noirs, bitumineux, occupent une étendue très restreinte et ne jouent aucun rôle dans la topographie.

Le Trias inférieur a le faciès du grès bigarré. Ses bancs très épais couvrent de vastes étendues au Nord de la chaîne principale, où ils forment des hauteurs à topographie douce. C'est ce Trias qui détermine les différences de topographie déjà mentionnées entre la partie orientale et la partie occidentale de la région. Le grès bigarré, par son uniformité pétrographique, donne une topographie peu accentuée dans la bordure orientale du massif. Au

hord occidental, ce grès est peu représenté et ne joue pas de rôle essentiel dans le relief.

Le Trias moyen (Muschelkalk) est plus développé à la marge occidentale qu'à l'orient. Pourtant son épaisseur n'excède pas quelques dizaines de mètres. Comme l'étage précédent, le Keuper ne donne pas de traits accentués à la topographie. Ses dépôts sableux (niveau inférieur) et argileux (niveau supérieur) sont tendres et peu épais.

Le Jurassique, qui borde de trois côtés l'ellipse paléozoïque, forme aussi un certain nombre de crêtes, mais moins importantes ; par exemple la crête de Malogoszcz et de Korzecko à l'ouest de Chęciny. On suit les dépôts jurassiques sur une distance considérable vers le NW, où ils forment, près de Sulejów, deux anticlinaux parallèles et dirigés comme je l'ai indiqué. On y a reconnu des calcaires kimeridgiens et portlandiens. Le synclinal compris entre ces deux anticlinaux est rempli de Jurassique supérieur et de Crétacé : grès cénomaniens, marnes turoniennes et sénoniennes. Les axes de ces plis s'abaissent rapidement vers le NW sous les dépôts quaternaires.

A l'Ouest des montagnes de Kielce, le Jurassique s'étend beaucoup plus loin. Un large synclinal jurassique recouvre de son flanc oriental les dépôts primaires des montagnes de Kielce, tandis que son flanc occidental repose sur les terrains primaires et triasiques de Silésie. Le flanc oriental affleure sous forme d'une bande assez étroite, d'importance topographique secondaire ; le flanc occidental, par contre, joue un rôle orographique important. Au Nord de Cracovie, il forme une sorte de carapace comprise entre 400 et 500 mètres d'altitude. Cette bande montagneuse, dite de Cracovie-Wieluń, limite au Sud-Ouest le territoire décrit.

Dans les limites de notre territoire, le Jurassique n'est visible qu'à partir du Bathonien supérieur. Le rôle topographique le plus marqué appartient aux calcaires compacts de l'Oxfordien et aux calcaires à Spongiaires du Kimeridgien ; ces derniers, particulièrement durs et compacts, subsistent sous forme de plateaux élevés.

La large vasque jurassique est remplie, en son milieu, par des dépôts mésocrétacés et néocrétacés. Les grès cénomaniens, peu

développés reposent directement sur le Jurassique et affleurent de loin en loin sur le bord est de la conque ; les gisements les plus occidentaux de ce terrain sont signalés dans la partie spéciale. Le Turonien est plus développé, surtout à l'état de marnes à *Inoceramus Brongniarti*, du Turonien moyen. Le Sénonien est représenté par des calcaires marneux blancs, de faciès uniforme et d'épaisseur considérable.

Les dépôts néogènes s'étalent largement dans la moitié sud de la grande vasque synclinale ; ils occupent tout particulièrement le bassin inférieur de la Nida et déterminent de nombreux phénomènes karstiques. Ils témoignent d'une ingression de la Méditerranée helvétique et tortonienne dans la zone d'affaissement comprise entre les massifs anciens de Silésie et de Kielce ; cette aire d'ennoyage est parfois appelée *golfe de la Nida*. Vers l'Ouest, les dépôts néogènes s'étendaient au delà de leur limite actuelle, qui est un bord d'érosion ; à l'Est, ils se poursuivent hors du territoire décrit ; au Nord, la mer atteignait le pied méridional des montagnes de Kielce et le rivage présentait des vallées noyées, comme le montre la pénétration des dépôts, et à l'intérieur du massif, sous forme de petits golfes séparés par d'étroits promontoires de terrains anciens. La transgression s'est donc avancée, dans ce pays, sur une topographie rajeunie.

Le golfe de la Nida était large et peu profond, comme l'indique le caractère des sédiments ; toutefois ceux-ci augmentent d'épaisseur vers le Sud. La transgression néogène débute par des argiles sableuses et des marnes qui ont fourni la faune de l'Helvétien supérieur (niveau de Grund) ; ces dépôts s'appuient directement sur les divers termes du Paléozoïque, du Jurassique et du Crétacé ; ils supportent le Tortonien, qui est représenté par des calcaires du type Leithakalk et par des calcaires à Nullipores. Les calcaires à Nullipores occupent souvent les petits golfes compris entre les promontoires paléozoïques ; quant aux calcaires de la Leitha, ils forment une zone très accusée dans le relief et appelée bande de Pińczów-Stopnica. Cette bande commence sur la rive droite de la Nida, près de Motkowice, franchit la rivière et continue du NW au SE par Pińczów et Busk vers Stopnica. A l'Est de Pińczów, elle est conformée en un synclinal dont les deux

flancs, relevés avec un plongement très faible, forment deux crêtes parallèles.

Cette crête, de 363 m., mise à part, seules les collines gypseuses jouent un rôle dans la topographie de la région ; à l'ordinaire, les autres terrains donnent des formes plus basses. Dans la moitié du golfe miocène qui est située sur la rive droite de la Nida, les étages méditerranéens sont recouverts d'une immense nappe de loess qui constitue des plateaux élevés, disséqués par de nombreux ravins ; le Miocène n'apparaît que rarement en surface.

Le dépôt suivant est le gypse, qui repose soit sur les schistes argileux, soit sur la marne sénonienne.

La série des terrains néogènes présente diverses lacunes stratigraphiques et quelque variété dans la distribution locale des faciès ; le gypse, par exemple, ne paraît pas avoir constitué une couche étendue à tout le golfe ; il forme des lentilles en ordre dispersé, reposant à plat sur les couches plus anciennes, intactes ou érodées, suivant les lieux ; la surface générale du terrain crétacé s'abaisse doucement vers le Sud.

Dans la moitié occidentale de notre golfe, le gypse apparaît dans les bassins de la Szreniawa et de la Dłubnia (par exemple à Masłomiąca, Baran, Pietrzejowice, Koniusza), mais il ne joue pas de rôle topographique ; toutes les assises préquaternaires sont recouvertes d'un épais manteau de loess, et les affleurements sont peu étendus. L'épaisseur du gypse n'excède pas 15 mètres.

Sur la rive gauche de la Nida, le gypse apparaît sur quelque étendue et détermine des phénomènes karstiques. Il se rencontre principalement au sommet des collines, qui lui doivent leur aspect particulier. Les collines gypseuses s'alignent en deux rangées comprenant entre elles la crête Pińczów-Stopnica ; toutes ces hauteurs sont dirigées NW—SE. L'alignement oriental commence près du village de Stawiany ; interrompu à plusieurs reprises, il reparait vers Gardatowice, Szarpków, Szaniec, et se poursuit jusqu'au sud de Busk. L'alignement occidental commence près de Bogucice. A partir de ce point, le gypse se continue en une large bande jusqu'au Winiary, où une vallée peu profonde le partage en deux tronçons. La bande orientale passe

par Hotelek zielony et Łatanice ; la branche occidentale, par Kobylniki et Goryslawice jusqu'à Wislica.

Dans la partie orientale du golfe miocène l'altitude des collines gypseuses diminue graduellement du Nord au Sud. A Bogucice, le gypse forme les sommets de collines assez élevées ; près de Wislica, par contre, il domine de peu la vallée de la Nida. Ce fait est attribuable au plongement originel, ainsi qu'à l'érosion post-miocène, car les dépôts sarmatiens qui surmontent habituellement le gypse ne sont pas connus plus au Sud. Les dénivellations de la surface du gypse sont assez accentuées, même en des points peu distants. C'est ainsi qu'au Nord de Busk le gypse affleure au sommet des collines ; au Sud de ce village, il occupe le fond d'une vallée à 40 m. au-dessous des gisements précédents ; plus au Sud encore, il a été rencontré, à Szczerbaków, à 35 m. de profondeur. L'épaisseur des affleurements visibles n'excède pas 10 m., mais la puissance réelle peut dépasser notablement ce chiffre ; à Solec, par exemple, un sondage a traversé 26 m. de gypse.

Dans tous les affleurements, la succession des couches du gypse se présente à peu près de la même manière. A la base se trouve du gypse en grands cristaux, et l'épaisseur de cette assise peut atteindre 3 m. ; au milieu, du gypse compact avec cristaux ; en haut, du gypse lité. C'est ce niveau supérieur qui occupe la plus grande étendue dans la partie nord de l'alignement Winiary-Bogucice ; plus au Sud, domine le gypse cristallin.

Le Sarmatien, dernier terme de la série néogène visible dans la région, est fait de grès et de conglomérats ; ce sont des dépôts littoraux à base de matériel local. A l'ordinaire, il est horizontal ou présente une faible inclinaison ; on y observe parfois la stratification entrecroisée. Il repose sur le gypse, ou sur les marnes du Sénonien, ou même directement sur le Jurassique. Il traverse la région étudiée en formant une bande orientée de l'W à l'E. Tantôt il affleure immédiatement, comme entre Chmielnik et Busk, où il donne lieu à une plaine élevée, tantôt il est recouvert de Quaternaire et n'apparaît qu'au long des ravins ou sur les versants. Au Sud de Busk, il est complètement déblayé par

l'érosion. Son absence au bord septentrional du golfe témoigne de la régression marine à son début.

2. État actuel des connaissances sur le Quaternaire de notre territoire.

Le pays décrit a donné lieu à une littérature géologique assez abondante. Au XVIII^e siècle déjà, ont paru quelques contributions dans lesquelles les dépôts quaternaires ont été fort négligés, ou ont reçu peu d'attention, l'intérêt s'étant concentré jadis sur le point de vue minier. Dans les mémoires plus modernes consacrés à la géologie des dépôts anciens de ce pays, on trouve habituellement quelque mention des dépôts quaternaires, mais jusqu'à ces dernières années, il n'y avait pas de mémoires spécialement consacrés à ce sujet.

Les auteurs qui ont étudié les dépôts anciens ne se sont guère occupés que d'une seule question touchant le Quaternaire : la glaciation nordique a-t-elle recouvert tout le territoire ou bien les sommets les plus élevés étaient-ils libres de glace ?

Dans son traité général de la géologie de la Pologne, Staszic (1) mentionne les dépôts quaternaires. Il décrit les blocs de granite qui se trouvent sur notre territoire et les considère comme des blocs erratiques charriés par les grandes eaux diluviennes, conformément aux vues qui prévalaient en géologie à cette époque.

Dans les descriptions d'affleurements locaux, Staszic parle de l'extension horizontale du sable et établit que la disparition de ruisseaux près d'Olkusz est due au grand volume de cette formation. L'auteur indique la distribution du lœss qu'il appelle argile jaune et montre que ce terrain ne forme pas des gisements d'épaisseur illimitée. Il mentionne les ossements des Mammouths du lœss de la vallée de Szreniawa et des cavernes d'Ojców.

Trente ans plus tard (2), Pusch décrit à nouveau le même pays dans son célèbre ouvrage sur la géologie de la Pologne. Il fournit des données beaucoup plus précises sur notre sujet et il distingue déjà les alluvions récentes du Quaternaire plus ancien :

« In der neuern Zeit hat die Mehrzahl der Geognosten sich dahin ausgesprochen, dass unter ihnen [le diluvium ancien et les alluvions récentes] ein wesentlicher Unterschied stattfindet, je nachdem sie aus allgemeinen Fluthen hervorgingen oder partielle Erzeugnisse einzellner Landewässer sind. Man hat sie darnach in zwei Klasse, Diluvium und Alluvium, geschieden » (2, II p. 557).

Parmi les dépôts diluviens, Pusch distingue la « Lehmformation » avec ossements de grands Mammifères et la « Sandformation », avec cailloux et blocs provenant de montagnes primitives détruites (« Blöcke zerstörter Urgebirge »). Il fait connaître la distribution de la « Lehmformation », son épaisseur, son caractère pétrographique et les restes organiques qu'on y trouve. Outre les ossements de grands Mammifères, il cite des Mollusques d'eau douce et des Mollusques continentaux. Ce qu'il appelle « Lehmformation » est simplement le lœss, qu'il ne distingue pas, d'ailleurs des argiles morainiques.

Pusch indique la distribution du sable d'une manière qui, dans les lignes générales, s'accorde avec ce que nous connaissons actuellement. Il décrit le matériel qu'on trouve dans le sable : des galets (« Gerölle ») et des blocs de roches primitives (« Urfelsblöcke »), dont il mentionne l'intérêt particulier. Il distingue parmi ces blocs diverses roches cristallines et remarque leur ressemblance avec des roches de la Finlande, de la Scandinavie, des îles d'Æsel, de Gotland et d'Æland.

Parmi les dépôts alluviaux, Pusch distingue les tufs, les tourbes et les alluvions fluviales. Mais il ne fait que mentionner leur présence dans notre pays, où leur rôle est peu important.

Le matériel paléontologique des cavernes d'Ojców a été décrit dans la seconde moitié du siècle dernier. Les mémorables travaux de Römer (5) et d'Ossowski (8) ont prouvé l'existence des espèces suivantes :

Mammifères : *Ursus spelaeus*, *Hyaena spelaea*, *Felis spelaea*, *Ursus arctos*, *Felis lynx*, *Felis catus*, *Canis lupus*, *Canis vulpes*, *C. lagopus*, *Meles taxus*, *Foxorius putorius*, *Mustella martes*, *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorinus*, *Bos primigenius*, *Bison priscus*, *Equus fossilis*, *Cervus tarandus*, *C. alces*, *C. elaphus*, *C. capreolus*, *Ovis sp.*, *Capra sp.* *Antilopa*

saiga (?), *Sus serofa*, *Erinaceus europaeus*, *Lepus vulgaris*, *L. variabilis*, *Cricetus frumentarius*, *Mus sylvaticus*, *Hypnadaeus glareolus*, *H. amphibius*, *Arvicola rattiiceps*, *A. arvenalis*, *A. agrestis*, *Vesperugo pipistellus*, *V. serotinus*, *Vespertilio marinus*, *Plecotus auritus*.

Oiseaux: *Syrnium aluco*, *Merula torquata*, *Fringilla linota*, *Fr. cf. carduelis*, *Emberiza sp.*, *Corvus cornix*, *Garullus glandarius*, *Hirundo sp.*, *Tetrao urogallus*, *Tetrao lagopus*, *Perdix cinerea*.

De plus, Ossowski et Zawisza ont trouvé des ossements de l'homme paléolithique et des outils de la même époque. (Moustérien, Aurignacien, Solutréen), et Czarnowski (21) a décrit les restes d'une civilisation que Obermaier regarde comme Acheuléenne.

Kontkiewicz (4), dans son exploration géologique de la partie méridionale du gouvernement de Kielce, n'a pas négligé les dépôts quaternaires. Il leur a consacré une page de son mémoire; il distingue l'argile à blocs, le sable et le loess. Ce qui, dans la description de Kontkiewicz mérite de retenir notre attention, c'est la mention des blocs erratiques qui reposent sur les collines tertiaires. Cela indique, dit-il, que ces collines ont été recouvertes de dépôts glaciaires, puis déblayées, les blocs les plus lourds restant en place. Nous y reviendrons en parlant de la distribution du glacier.

Dans le loess, le même auteur trouve des coquilles de Mollusques continentaux (*Helix hispida*, *Succinea oblonga*, *Pupa muscorum*). Il remarque que dans le loess, on observe une stratification indistincte manifestée par une différence de coloration (jaune et grise) entre couches alternantes. Il n'en donne pas d'explication, mais sa contribution étend nos connaissances sur les deux espèces de loess.

Michalski, dans son esquisse géologique de la partie sud-ouest du gouvernement de Kielce (7), accorde au Quaternaire à peu près la même attention que l'auteur précédent. Il distingue le matériel erratique du loess. Le matériel erratique se compose de sable et d'argile. Le premier occupe la partie septentrionale de la région étudiée par Michalski et dans la partie méridionale, sous

le loess, se trouve l'argile. Mais toutes les argiles considérées par Michalski comme morainiques ne sont pas quaternaires et l'auteur a attribué par erreur certaines argiles, en réalité tertiaires, au terrain erratique. En ce qui concerne le loess, il constate la présence des Mollusques fossiles habituels, avec poupées du loess. Il fait connaître un sol fossile (*tchernoziom*) de plus d'un mètre et intercalé dans le loess. Il donne enfin la description de certains sondages exécutés par Becker en 1833, par Rost et Zeiszner en 1862 et dont les résultats n'avaient pas été publiés. Malheureusement ces données permettent rarement de reconnaître avec certitude si les argiles rencontrées sont morainiques ou non.

Comme je l'ai dit déjà, la question dont on s'est le plus occupé est le point de savoir si les sommets les plus élevés des montagnes de Kielce ont formé un nunatak ou non. Voici le résumé de cette discussion :

Michalski donne de brèves indications qu'on peut présenter comme suit : les dépôts quaternaires des montagnes de Kielce montrent du matériel à blocs et du loess. Ce dernier se trouve principalement dans la partie orientale des montagnes ; dans la partie occidentale, il ne forme que des îlots restreints. Au contraire, le matériel à blocs est développé partout, comme le sable ou comme l'argile. Il se trouve dans toutes les vallées, mais sur les sommets, on ne rencontre que des blocs de matériel local. Michalski explique ces faits par la disparition ultérieure du terrain erratique : la glace aurait recouvert tous les sommets, mais les dépôts glaciaires ont été déblayés depuis. Comme preuve, il donne les cailloux erratiques trouvés sur le versant oriental de la montagne de Święty Krzyż et sur la crête la plus septentrionale, près des villages de Mularzów et Jużwinów.

Siemiradzki (9, 11, 27) émet une autre opinion sur la glaciation des montagnes de Kielce. D'après ses observations, le matériel à blocs cristallins n'est développé que dans la partie septentrionale. Le loess recouvre la partie méridionale et orientale du territoire ; les sables mouvants dominent dans la partie occidentale. Siemiradzki pense que la glace n'a pas recouvert la crête de la Łysa Góra mais l'a entourée au Nord, à l'Est et à l'Ouest,

les deux branches déviées du glacier se rejoignant à une certaine distance au Sud. D'après lui, sur le versant méridional de la crête et dans les régions limitrophes, il n'y a pas d'argile à blocaux et les cailloux qu'on y rencontre se composent exclusivement de quartzites locaux. Siemiradzki considère les grands blocs de quartzite qui reposent sur le sommet de Święty Krzyż comme la moraine frontale du glacier, formée ici de matériel local et charriée, devant le glacier, jusqu'au sommet. L'auteur n'explique pas comment le glacier pouvait faire monter ces blocs jusqu'au sommet sans les faire descendre sur le versant méridional. Il croit que la crête de la Łysa Góra formait barrière pour le glacier, les cailloux de granite n'apparaissant qu'à une certaine distance de la montagne. Au Sud de Łagów, le sable glaciaire passe graduellement à l'argile à blocaux et sur ce matériel repose le loess.

Łoziński (26) n'admet pas que les blocs de quartzite du sommet de Święty Krzyż soient la moraine frontale du glacier. Il pense qu'il s'agit d'une formation « périglaciaire » indépendante, due à des phénomènes d'exfoliation qu'il attribue à la sévérité du climat.

Dans un autre mémoire (25), Łoziński dit que malgré des recherches attentives, il n'a pas trouvé, dans la vallée de Bieliny-Krajno, de témoignage de la présence de la glace, et il en tire la conclusion suivante :

« Somit hat der ganze zentrale Quartzitücken des Polnischen Mittelgebirges die Oberfläche des diluvialen Inlandeises als schmaler, lang gezogener Nunatak überragt, welcher durch den Schmelzwasserstrom im Durchbruche der Schwarzen Nida und durch die Eiszunge im Durchbruche der Słupianka in drei Abschnitte geteilt war ».

Deux années plus tard, Miklaszewski a publié sur cette question une note que nous citons en entier : « Au cours de mes recherches pédologiques dans les montagnes de Sainte-Croix, j'ai trouvé au sommet de la montagne de Sainte-Croix, sur le champ cultivé nommé Bielnik les traces du glacier scandinave. Ce sont les morceaux du granite qui reposent sur le quartzite sous la couche du loess d'un mètre d'épaisseur, entremêlés parmi les

fragments détachés du quartzite, dont la masse montagneuse du Sainte-Croix est composée.

« Deux opinions différentes régnaient sur cette question : l'une qui admettait la présence du glacier scandinave au sommet des montagnes nommées, l'autre qui la niait. A présent, c'est la première qui me semble définitivement justifiée » (31).

Dans la même année, Sobolev a publié ses observations sur le Quaternaire des montagnes de Kielce (32). Il décrit quelques affleurements des dépôts quaternaires dans la partie occidentale du territoire et mentionne des traces de phénomènes karstiques visibles sous le sable à la surface des calcaires dévonien. Pour lui, le territoire libre de glaces anrait été moins étendu que pour les auteurs précédents, mais il croit cependant que les sommets les plus élevés n'étaient pas recouverts. Sobolev a trouvé à Bieliny un grand bloc de granite, mais il n'en tire pas de conclusions contre l'idée de Łoziński, d'après qui le territoire précité était libre de glace. Je ne puis considérer avec certitude l'argile de Bieliny décrite par Sobolev comme morainique, et pourtant ce point, s'il était établi, fournirait une bonne preuve en faveur de mon opinion sur la glaciation du pays.

Comme nous l'avons vu, d'autres problèmes se posent, qui n'ont pas attiré l'attention des savants. Le Quaternaire de la partie restante du territoire, en général peu étudié, a pourtant fait l'objet de divers mémoires, dont voici l'analyse.

J'ai décrit (30) quelques coupes des dépôts quaternaires des environs de Miechów. Elles démontrent qu'au voisinage de cette ville, la surface des marnes crétacées a été fortement érodée avant le dépôt du Quaternaire, qui apparaît à des niveaux différents. Les formations glaciaires proprement dites sont représentées par des sables stratifiés dont certains bancs renferment des galets de marnes crétacées et plus rarement de roches cristallines. Le loess recouvre les sables stratifiés et les parties les plus élevées des marnes crétacées.

J. Lewiński, dans ses « Explorations géologiques dans la région traversée par le chemin de fer Herby-Kielce » (35), attache une importance méritée aux dépôts quaternaires. L'argile à blocs, dit-il, est rare ; les sables glaciaires, par contre, sont

fortement développés. Les dépressions du terrain sont occupées par des sables stratifiés qui diffèrent complètement de ceux que j'ai observés près de Miechów. Les dépressions sont occupées par des dunes de sable. Le réseau hydrographique, de la région décrite, est entièrement épigénique.

Dans mon mémoire sur « l'Histoire du cours supérieur de la Lubrzanka pendant l'ère quaternaire » (40), j'ai décrit une capture qui a eu lieu dans les montagnes de Kielce.

Sous le titre : « Contribution à la connaissance des dépôts quaternaires et de l'hydrographie des environs de Tomaszów Rawski » (41), j'ai fait connaître deux affluents de la Pilica, ignorés de la littérature aussi bien que des cartes topographiques ; j'ai de même constaté une capture ainsi que des phénomènes karstiques fossiles et le caractère épigénique des fleuves de la contrée.

Cette revue de la littérature montre l'état actuel de nos connaissances sur le Quaternaire de la région étudiée. On voit que, jusqu'à ces derniers temps, on ne s'est pas occupé de la morphologie ; mes mémoires sont les premiers qui aient abordé ce sujet. Cela s'explique par l'absence de bonnes cartes topographiques. Les cartes militaires russes qui sont accessibles au public ne conviennent guère aux besoins des géologues et des géographes. Elles sont établies au 126.000^e, échelle petite et peu commode ; les cotes y sont très rares, presque exclusivement limitées aux sommets ; le relief, rendu par des hachures, est peu distinct.

Quant aux cartes à l'échelle du 42000^e, où la topographie est rendue par des courbes de niveau, elles sont inabordables au public aussi bien qu'aux savants. Cette circonstance entrave le développement de la morphologie et explique le peu de précision de certains travaux publiés sur la géologie de la Pologne.

Dans la partie Sud-Ouest du pays, j'ai utilisé la carte autrichienne au 75000^e, avec équidistance de 50 m., carte qui s'étend à une portion du territoire russe limitrophe.

II. PARTIE SPÉCIALE

1. Les faits.

Ce chapitre contient la description détaillée des affleurements avec les observations que j'ai faites dans le territoire étudié. Il forme la base de mes idées sur le Quaternaire de cette région. Je ne m'arrêterai, toutefois, qu'aux affleurements les plus importants et les plus typiques, en évitant les répétitions de coupes trop semblables. Chaque affleurement est indiqué par un chiffre auquel il est renvoyé dans la discussion. J'ai très souvent estimé l'épaisseur des couches à vue, ce qui d'ailleurs est sans grande importance. Quant aux altitudes, malheureusement, elles ne peuvent pas toujours être fixées d'une façon précise. Les cotes de la carte topographique sont rares et ne suffisent pas à préciser l'altitude des niveaux. Je me suis donc servi d'un altimètre compensé (Goulier) ; les résultats sont naturellement approximatifs.

Nous décrivons d'abord la région, des montagnes de Kielce, qui est la plus importante. Dans ce pays les dépôts quaternaires sont uniformes et les affleurements rares.

1. Près de l'entrée de la cluse de la Lubrzanka (= Czarna Nida) le pied de la montagne est couvert de sable, sur lequel repose le lœss jusqu'à une hauteur assez notable. La partie supérieure du lœss présente une espèce de limon qui atteint une épaisseur de 1 mètre.

Les dépôts quaternaires dans la cluse n'atteignent qu'une faible altitude, comparée à la hauteur de la crête. Ils forment une

terrasse. Du côté gauche, dans le milieu de la cluse, se trouvent ¹ :

1. loess 1,00
2. sable avec graviers nordiques et locaux 7,00

2. Du côté droit, non loin de l'extrémité méridionale de la cluse, à une hauteur qui correspond à la terrasse précédente, repose le sable stratifié mêlé à un peu d'argile. Le même sable se trouve plus bas, près de la rivière.

3. On trouve près de l'extrémité méridionale de la gorge, sur la rive droite de la Lubrzanka :

1. sol 0,15
2. limon 1,50
3. tourbe avec restes de plantes (par exemple *Betula*) et un tronc d'arbre 0,50
4. limon gris, visible jusqu'à 0,75

4. En ce lieu, le niveau primitif a disparu par érosion ; autrefois, au-dessus du limon reposait le sable, qui apparaît à quelques mètres plus loin au bord de la rivière ; à 2 m. plus haut, on peut y voir :

1. sol.
2. sable stratifié.
3. éboulement recouvrant les couches 2, 3 et 4 de l'affleurement précédent.

Ces affleurements nous permettent de dresser une coupe schématique transversale par la partie basse de la cluse de la Lubrzanka (fig. 1).

5. Près de la route à Machocice :

1. argile sableuse.
2. sable gris argileux.

6. Plus loin encore, au point où la route monte vers Machocice Górne, on trouve des terrasses qui sont faites de :

1. sol.
2. sable stratifié avec des graviers de quartzite et de schiste argileux.

¹ Dans les coupes détaillées, les couches sont numérotées de haut en bas et les épaisseurs sont comptées en mètres.

7. A une petite distance vers l'Est, parallèlement à la cluse de la Lubrzanka se trouve une autre terrasse. On voit, dans la partie septentrionale d'un ravin, l'argile sableuse épaisse de 5 m. Dans sa partie supérieure elle est entremêlée de loëss ; dans sa partie inférieure, elle est très plastique.

8. Dans le village de Krajno, situé à l'altitude de 400 m., on trouve, presque au sommet de la montagne, de l'argile rouge sableuse. Vers Benczków apparaît le loëss, qui est très mince et porte des traces d'altération atmosphérique.

9. Dans le village de S^{ta} Katarzyna, situé au pied de la sommité la plus élevée, il y a de l'argile à taches vertes et jaunes.

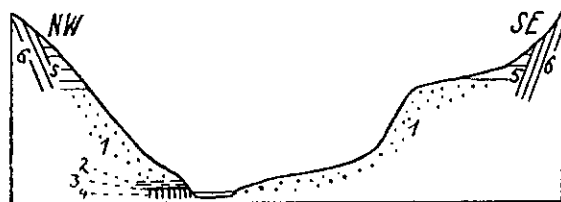


FIG. 1. — COUPE SCHÉMATIQUE TRANSVERSALE PAR LA PARTIE BASSE DE LA CLUSE DE LA LUBRZANKA.

1. Sable stratifié; 2. Limon; 3. Tourbe; 4. Limon gris; 5. Loëss; 6. Roche en place. Échelle des longueurs 1 : 6.800 000; Rapport des longueurs aux hauteurs = 1 : 8.

10. Au Sud de la cluse, entre les villages de Machocice et de Leszczyny, la Lubrzanka conle dans une vallée d'une largeur de quelques centaines de mètres; sa profondeur est d'une vingtaine de mètres. La terrasse la plus basse (terrasse d'inondation) se trouve à l'altitude d'environ 250 m.; la seconde à 270 m. et la troisième à 290 m.; toutes sont formées de sable.

11. Au-dessous du cimetière de Leszczyny, la seconde terrasse est taillée dans le calcaire dolomitique dévonien. En ce lieu la vallée devient très étroite (environ 100 m.). Elle présente une gorge qui se prolonge jusqu'au village de Kopciowa Wola. Cette gorge a été recouverte de sable, actuellement déblayé en partie.

12. Au village de Cedzyna les dépôts alluviaux, près du bord de la Lubrzanka, se présentent comme suit :

1. sol.	0,30
2. sable	0,30
3. sol.	0,20
4. argile sableuse rouge	0,30

13. Au Nord de Cedzyna la terrasse la plus élevée est taillée dans les quartzites recouverts d'une mince enveloppe de sable.

14. Plus au Sud, près de la fabrique Mazur Tartak, la seconde terrasse se compose de sable jaune.

Entre cette fabrique et la route de Kielce, on peut constater l'existence de trois terrasses, et, dans les excavations artificielles, on voit le sable avec de minces lits rougeâtres.

15. Au Sud-Est de Kielce, à droite de la Lubrzanka, la haute terrasse se trouve presque à 300 m. Elle correspond à un niveau très général au-dessus duquel le ruissellement a débarrassé les versants de leur couverture de dépôts glaciaires.

16. Près de Mojcza, un ruisseau laisse voir, à une profondeur de 3 m., du sable avec couches de graviers. Plus haut, sur une terrasse moyenne, une couche de gravier épaisse de 30 cm. se trouve à 1 m. au-dessous du sol.

17. Ce point correspond à l'entrée de la cluse qui franchit la crête de Dyminy. La vallée se rétrécit; la troisième terrasse (haute terrasse) devient très étroite; au-dessus d'elle (293 m.) se présente un talus abrupt de roches en place. La cluse, comme celle qui se trouve près de Machocice, est remplie de sable jusqu'au niveau de cette troisième terrasse (293 m.). Le sable est stratifié et renferme des graviers; plus bas, j'ai vu de l'argile tachetée. Dans cette cluse on ne distingue qu'une haute et une basse terrasse; la moyenne terrasse disparaît par suite de l'étroitesse de la vallée. Au-dessus du sable montent rapidement les versants quartziques (siluriens) d'un ancien monadnock.

18. En aval de cette cluse, la vallée s'élargit; la basse terrasse est large et occupée par des prairies. Ses bords sont limités par une terrasse sableuse à versants abrupts.

Cette basse terrasse supporte des sables mouvants, avec un front de dunes du côté des prairies.

La haute terrasse n'est recouverte que d'une faible épaisseur

de sable; au-dessus les roches paléozoïques du versant sont mises en saillie.

19. Près de Marzysz, la vallée se rétrécit à nouveau en franchissant une petite gorge avec revêtement de sable. En son point le plus rétréci, vis-à-vis de la scierie, il existe, à 6 m. au-dessus de la rivière, une terrasse très étroite, formée de sable. A ce niveau se trouve une caverne de 8 à 10 m. de longueur et de 3 à 4 m. de largeur. A l'intérieur, jusqu'à un mètre de profondeur, il y a du sable avec des fragments de calcaire; plus au fond, se trouve un sable jaune épais de 0,5 m.; dans une fissure, un sol noir.

20. Près du village de Kuhy Młyny, la haute terrasse est taillée dans le calcaire. Vingt mètres plus bas se trouve la moyenne terrasse. C'est une terrasse à dunes. Puis vient la basse terrasse, qui passe à la terrasse d'inondation.

21. Au Sud du village de Bileza, entre la route et Bieleckie Młyny, une vallée s'allonge, creusée dans le quartzite silurien. Sous le sol superficiel affleurent les quartzites; sur le même versant, deux mètres plus bas, un puits de 2 m. de profondeur montre le sable. Plus bas encore, dans des excavations, on trouve l'argile tachetée au-dessus de laquelle repose le sable avec des graviers.

22. En descendant par la route de Bileza à Morawica on aperçoit, au-dessous du sol, de l'argile rouge (terra rossa) avec des graviers.

De Morawica à Chęciny, c'est-à-dire jusqu'au confluent de la Czarna Nida et de la Biała Nida, la vallée est très large, 5 km. environ. A Morawica, dans la vallée, sur le côté gauche de la rivière, se trouve une longue colline isolée de quartzite, qui correspond à la moyenne terrasse. Cette dernière se retrouve plus au Sud, et la colline en question n'est qu'une partie de l'ancienne surface, coupée de terrasses marginales.

De l'autre côté de la vallée, et correspondant au même niveau, se trouve une terrasse qui porte le village de Brzeziny. Elle est taillée dans le calcaire; sur le versant situé au-dessous, repose du sable avec des graviers.

Au Sud de Brzeziny, entre ce village et la Nida, existe une

longue colline séparée de la terrasse de Brzeziny par une petite vallée dont le thalweg est incliné en sens inverse de la rivière maîtresse. Le sommet de cette colline et son versant septentrional sont abrupts et dénudés; par contre, le versant méridional est plus doux; en ce lieu, le sable se trouve jusqu'à une assez grande hauteur.

Les deux collines sont des *crêts*.

23. La haute terrasse, près du village de Nida, est façonnée dans le calcaire, la moyenne terrasse est faite de sable mouvant. Au fond de la vallée on voit la roche en place.

24. Dans cette partie de son cours, le niveau actuel de la Czarna Nida se trouve à 4 m. au-dessous du niveau de la basse terrasse. Cette dernière est faite de sable stratifié, avec stratification parfois entrecroisée, parfois aussi avec des couches à galets de quartzite ou encore des lits colorés par de l'oxyde de fer. Dans cette partie du cours il n'y a pas de limite distincte entre la basse terrasse et la moyenne; cette dernière passe graduellement aux prairies situées au fond de la vallée. La moyenne terrasse porte des sables mouvants; c'est pourquoi elle ne forme pas un niveau distinct.

25. Dans les affleurements artificiels d'une briqueterie située près du chemin de fer de Kielce, on observe :

1. sable	1,50
2. argile tachetée, graviers granitiques et matériel local	2,00
3. argile	1,00
4. sable	0,50
5. sable grossier	4,00
6. roche en place.	

26. Les environs de Chęciny, où viennent confluer la Biała Nida, la Czarna Nida et la Bobrzyca, sont recouverts de sable avec des graviers. Au Nord-Ouest de la gare de Chęciny le sable forme des dunes. La vallée est très large à cet endroit; ses versants sont très doux, ses terrasses très érodées; dans leur partie supérieure, elles sont taillées dans la roche en place.

27. La rivière Bobrza qui se jette dans la Czarna Nida près de Chęciny a une vallée beaucoup moins accentuée que celle de la

Czarna Nida. Non loin de Stare Chełmy existe une terrasse sableuse élevée de quelques mètres au-dessus de la rivière ; elle est reconnaissable sur une certaine distance ; mais plus loin, la rivière coule au travers de crêtes et de vallées longitudinales et ses terrasses sont peu distinctes.

28. Sur une distance de 6 km., la Bobrza recoupe de nombreuses crêtes allongées du NW au SE ; ces dernières sont séparées par des vallées longitudinales au milieu desquelles se trouvent des ravins inclinés vers la Bobrza. Ces ravins ainsi que les vallées, sont recouverts d'un sable qui atteint un niveau assez élevé ; le sable est blanc à la partie supérieure et rouge au bas de la série.

29. Dans la même région, au point où le chemin de fer passe près de la rivière, existe une petite cluse large d'environ 100 m. Elle a été entaillée dans le calcaire, puis remplie de sable, et enfin déblayée de ce dernier. A 2 km. en amont existe une autre cluse plus large.

30. Vis-à-vis du village de Kowala se trouve une carrière, où l'on voit la surface d'érosion de la roche en place s'enfoncer sous le sable et vers la rivière ; c'est la trace d'un versant antérieur à l'accumulation du sable. Le sable commence au pied de la carrière ; on y observe une couche faite de sable rougeâtre, épaisse de 6 m., avec graviers interstratifiés. On trouve le même sable sur le côté gauche de la rivière, où le prolongement de la crête de Dyminy réapparaît dans la topographie.

31. J'ai vu des entonnoirs karstiques sur cet ancien versant, découvert de sable.

Sur ce territoire, le déblaiement du sable est si avancé qu'on ne voit plus la moyenne terrasse, qui est habituellement formée de ce dépôt. La haute terrasse passe ici au niveau des crêtes.

32. A Słowik, une importante cluse coupe une des deux crêtes principales, celle de Dyminy. Le sable recouvre le pied des montagnes des deux côtés. Les versants de la cluse sont recouverts d'un loess qui s'incline, du côté droit de la rivière, presque jusqu'à son niveau. Sur la rive gauche, au même niveau, apparaissent les roches en place ; on peut donc supposer qu'au-dessous du lit actuel, une gorge étroite est creusée dans les roches en place.

33. Le loess recouvre aussi les versants méridionaux et septentrionaux de la crête. Au pied du versant méridional, près de la sortie de la cluse, se trouve une briqueterie. Dans son excavation existe un limon jaunâtre à petits galets.

34. Au Nord de la cluse, près du village de Białogon, un ruisseau, la Silnica, se jette dans la Bobrzyca. L'embouchure s'élargit en un lac et la ligne de partage entre ces deux rivières est sur des calcaires et du sable.

35. Non loin de son embouchure, la Silnica est accompagnée, sur sa rive droite, d'une terrasse sableuse haute de 10 m.; on y voit de petites dunes. Le bord gauche est fait de calcaire recouvert de sable.

Un affleurement montre au bord de la rivière les dépôts alluviaux suivants :

1. sol.
2. argile rouge avec graviers à galets calcaires et gréseux.
3. sable avec galets.

36. Entre Białogon et Kielce, au côté gauche de la Silnica, on aperçoit des roches dont la surface polie s'enfonce rapidement sous le sable. Parfois, entre la roche et le sable, se trouve une couche d'argile rouge grasse. Nous avons ici une petite crête allongée dans la direction générale et recoupée par une cluse. Cette vallée, remplie de sable après coup, ne donne plus lieu à une forme topographique; le lit actuel de la rivière reste plus élevé que le fond de la cluse, qui est taillé dans la roche en place.

Un peu plus en amont, près du pont du chemin de fer, on trouve, comme toujours, au niveau le plus élevé, un sable blanc non stratifié.

37. Plus haut, se trouve une briqueterie où l'on voit la succession des dépôts quaternaires. La paroi septentrionale de l'excavation montre :

- | | |
|---|------|
| 1. sable stratifié | 1,50 |
| 2. argile gris-jaunâtre à sa partie inférieure, alternant avec des sables et des graviers | 2,00 |
| 3. sable stratifié avec gravier | 0,50 |
| 4. sable blanc. | |

Les couches nos 3 et 4 plongent vers l'Ouest et sont légèrement plissées, comme si elles avaient subi quelque pression. Dans la couche supérieure du sable, il n'y a pas de traces de pression ; la stratification est horizontale. L'argile, renfermant des cailloux de roches locales et de roches cristallines, est une moraine typique, tandis que dans les autres affleurements, elle n'a pas, habituellement, le caractère morainique.

38. Au Sud de Kielce passe une grande vallée longitudinale, au fond de laquelle se trouve un grand nombre de petits affleurements. Au-dessous du sol, on observe du gravier avec un sable rougeâtre grossier. Les galets sont de calibre différent, allant des plus petits galets jusqu'à la grosseur du poing. Le plus souvent, les cailloux sont de quartzite, plus rarement de calcaire dévonien. La couche de gravier varie en épaisseur, mais ne dépasse pas un mètre. Parfois il existe deux couches de gravier séparées par une couche de sable où s'intercalent des graviers plus fins. Les couches de gravier sont ondulées par l'effet des pressions qu'elles ont subies. En outre, j'ai observé des cavités et des bosses formées par les graviers refoulés mécaniquement sur la couche qui les supporte. Ces déformations sont dues à la pression exercée par le glacier pendant son avancée.

Près du village de Baranówek, j'ai observé :

1. sol	0,10
2. gravier	0,50
3. sable jaune	1,00-2,00

A quelques mètres du point précité et un peu plus bas :

4. graviers refoulés mécaniquement dans la couche suivante.	2,00
5. sable jaune	
6. sable jaune grossier, avec couche plissée épaisse de 40 cm.	
7. graviers fins à fragments de quartzite anguleux, parfois assez gros.	0,20
8. sable fin, gris-jaunâtre à sa partie supérieure, renfermant de minces lits rouges, parfois on- dulés	2,00

Un peu plus loin et encore plus bas :

9. paquets d'argile arrachés à la couche suivante ;
graviers recouvrant une assise de sable compacte à galets cimentés par de l'oxyde de fer. 0,50-1,00
10. argile jaune à taches verdâtres, jaunâtres, rougeâtres, sans cailloux, à stratification peu marquée et faiblement inclinée.

Quelques mètres plus loin, du sable blanc se trouve au même niveau, ce qui montre que la surface de l'argile est très inégale. L'argile grasse de la couche inférieure résulte du remaniement des schistes argileux siluriens, avant l'arrivée du glacier. Elle a fourni le matériel de l'argile morainique locale. Le glacier a emporté cette argile et l'a mélangée au matériel erratique. C'est la couche 9 qui représente, selon toute vraisemblance, ces produits enlevés. C'est le seul endroit où j'ai vu l'argile préquaternaire en place (n° 10) ; dans tous les autres points décrits, cette argile est plus ou moins déplacée.

39. A Kielce, sur une colline haute d'environ 275 m., les schistes dévonienens présentent des poches qui atteignent jusqu'à 3 m. de profondeur et 1 m. de largeur. Elles sont remplies de sable jaunâtre sans galets et parfois, dans le fond, d'argile sableuse. Parfois aussi, on y trouve une concrétion de limonite, mais pas de fragments des schistes dans lesquels les poches sont creusées.

40. Plus au Sud-Est, dans la même vallée longitudinale Kielce-tągów, à peu de distance du pied sud de la crête principale (Lysogóry), on voit dans les tranchées de la route, à Bieliny, de l'argile à taches rougeâtres et verdâtres. J'ai observé des transitions entre les schistes argileux siluriens et cette argile qui résulte de leur altération.

41. Derrière l'église de Bieliny, le versant de la vallée, haut de 8 m., est constitué de sable indistinctement stratifié avec graviers principalement formés de quartzite.

L'autre versant de la vallée est une montagne presque nue, qui s'élève à 361 m. Au sommet, j'ai trouvé un bloc de quartzite poli avec une strie de 2 cm. de largeur.

La Nidzianka, ruisseau qui coule par Bieliny, a creusé sa val-

lée dans les dépôts quaternaires. Les versants sont constitués de sable stratifié avec un peu de gravier. L'épaisseur moyenne du sable est de 15 m.

Je n'ai pas à décrire ici tous les affleurements du terrain alluvial ; je me bornerai à dire qu'ils montrent du sable et du limon finement stratifiés, au-dessous desquels s'étend une assise de galets quartzitiques reposant sur l'argile. Le lit du ruisseau se



FIG. 2. — ARGILE SABLEUSE ET LIMON PLISSÉS, A WOLA JACHOWA.

Longueur 3 mètres. (Phot. de l'auteur).

trouve à 3 m. au-dessous de la vallée et sa formation est toute récente.

42. A Wola Jachowa, dans un petit affleurement de la tranchée de la route, j'ai vu de minces lits d'argile sableuse rougeâtre alternant avec des limons verts. Ces couches portent des traces de pression, comme on le voit sur la fig. 2.

43. Près de la route de Górnio à Daleszyce dans la contrée appelée Zagórze, on observe :

1. sol.
2. argile rougeâtre avec graviers de quartzite.
3. argile verdâtre avec graviers à cailloux de quartzite plus petits et plus rares.

44. A Cisów, le versant septentrional de la montagne de même nom montre les dépôts suivants :

1. loess, atteignant jusqu'à 10 m. d'épaisseur.
2. argile sableuse.
3. argile tachetée, à cailloux de quartzite et de calcaire à la base.

45. Dans les environs de Daleszyce, si intéressants au point de vue hydrographique, je n'ai trouvé que du sable et un grand marais avec double écoulement des eaux.

46. A l'Ouest de ce point, les eaux s'écoulent par la Belnianka, dont la vallée est très large dans sa partie subséquente. La terrasse d'inondation est formée d'un sable qui recouvre de la tourbe. La moyenne terrasse porte des dunes et la haute terrasse, d'environ 30 m. plus élevée, est peu distincte ; fortement dégradée par les actions éoliennes, elle n'est vraiment visible qu'en un seul point.

47. A Niestachów, un cours d'eau emprunte une cluse qui coupe la chaîne de Dyminy. A cinq mètres au-dessus de la terrasse d'inondation s'étend une large terrasse qui porte le village ; un affleurement y montre du sable jaune stratifié, avec deux intercalations de graviers séparées par un mètre de sable. Les couches de graviers ont une épaisseur de 30 cm. Les galets sont généralement petits, mais certains atteignent 20 cm. de diamètre.

48. Dans le village de Bilcza, situé au sommet d'une colline, on trouve les gisements suivants :

1. sable.
2. argile marneuse grise (produit local).
3. sable.
4. argile.

★

Nous arrivons maintenant au pays situé au Sud des montagnes de Kielce, et qu'arrose le cours inférieur de la Nida.

49. A Skorocice, le sol est constitué exclusivement par une couche d'humus d'une épaisseur de 40 cm. Ce sol, qui remplit le fond de la vallée, renferme des graviers granitiques et quartzitiques.

50. Les hauteurs aux environs de Szczaworyz et de Żerniki sont recouvertes de loess. Dans un petit ravin, j'ai observé une lentille de galets de marne incluse dans le loess. Dans cette contrée, j'ai rencontré des granites erratiques aux altitudes de 300 m. et au-dessus.

51. La montagne de Kamienna góra, près de Kików est une vieille terrasse de la Vistule, près de l'embouchure de la Nida. Son altitude est de 284 m. ; la distance à la Vistule est de 7 km.

La vallée de la Nida est ici très large et riche en alluvions d'espèces diverses.

52. Près de Chotelek Czerwony coule un ruisseau, la Pobocznica, sur les bords duquel on observe :

- | | |
|--|------|
| 1. sol | 0,50 |
| 2. sable blanc | 0,50 |
| 3. graviers à galets de granite (rares) et de quartzite
(abondants) | 0,10 |
| 4. limon gris. | |

53. Au Nord de Chotelek Czerwony, près de Zawierzbie existe une vaste tourbière recouverte de sable. Dans la tourbe se trouvent des cailloux anguleux de granite et de quartzite. Du sable, jaillissent des sources qui forment de petits ruisseaux coulant vers la Pobocznica. A Zawierzbie, la profondeur de la tourbière est de 2 m. et la surface de la tourbe s'abaisse vers le Sud.

Plus loin, près de Kobylniki, l'épaisseur de la tourbe diminue jusqu'à 1 m. ; au-dessous d'elle s'étend du sable blanc ; à la surface de la tourbe se trouve la nappe aquifère.

54. Près de Skotniki, les terrasses de la Nida sont assez distinctes ; c'est le cas, en particulier, de la moyenne et de la basse terrasse. L'altitude de la haute terrasse dépasse 260 m., la moyenne est située à 10 m. au-dessous.

55. A Chotelek Zielony, j'ai vu un affleurement intéressant qui montre :

- | | |
|--|------|
| 1. sable rougeâtre | 2,50 |
| 2. galets grossiers de granite et de marne | 0,25 |
| 3. sable blanc, | |

et quelques mètres plus loin, vers l'Est :

- | | |
|---|--|
| 4. argile jaune avec blocs de granite et galets de quartzite. | |
|---|--|

★

La contrée située au Nord et au Nord-Est des montagnes de Kielce est recouverte d'un sable sur lequel croissent de grandes forêts. C'est donc un pays sans affleurements, seuls les abords de la Pilica fournissent des renseignements intéressants. Je décrirai ici les affleurements que j'ai vus et les observations que j'ai faites dans les environs de Tomaszów Rawski, principalement sur les bords de la Pilica.

56. Sur le versant de la vallée de la Pilica, du côté gauche de la route de Tomaszów à Brzóstówka, se trouve une exploitation d'argile. Dans la paroi occidentale, on voit :

- | | |
|---|------|
| 1. sol | 0,30 |
| 2. sable blanc | 0,40 |
| 3. sable blanc avec des couches qui renferment de l'oxyde de fer et des graviers. Plus bas, ce sable blanc passe à un sable pur. Les couches forment des lentilles de diverses grandeurs. Parfois, ces lentilles sont constituées de graviers ou d'argile. La partie inférieure du gisement montre une couche de graviers assez gros cimentés par de l'oxyde de fer | 2,50 |
| 4. argile sans cailloux, à taches blanches, jaunes, rougeâtres; cette argile supporte la nappe aquifère. Plus bas, argile grise à taches jaunes | 2,00 |
| 5. argile noire (Jurassique en place). | |

57. La paroi Sud-Est montre :

- | | |
|--|------|
| 1. sol | 0,35 |
| 2. sable (comme le n° 3 de l'affleurement précédent) | 2,00 |
| 3. argile (comme le n° 4 de l'affleurement précédent) | 1,00 |
| 4. Jurassique en place. Sa surface est de 2 m. plus élevée que dans la paroi précédente. | |

58. Dans la paroi méridionale, l'argile grise tachetée se trouve au même niveau que le sable dans la paroi précédente. Par conséquent, la dépression qui a existé ici s'est prolongée plus au Nord; à l'endroit où passe aujourd'hui la route, se trouvait le

bord de cette dépression. De l'autre côté de la route, on trouve le calcaire à une faible profondeur et ce fait confirme l'opinion formulée ci-dessus. L'argile grise est la même argile jurassique, mais altérée dans le temps qu'elle était exposée en surface. Plus tard, les cours d'eau fluvioglaciaires ont accumulé le sable et les graviers dans les dépressions du sol.

59. Plus loin, également au bord de la vallée, sur la seconde terrasse, on trouve :

- | | |
|-------------------------|------|
| 1. sable | 1,00 |
| 2. graviers | 0,20 |
| 3. calcaire jurassique. | |

60. Au Nord de Brzóstówka, la Pilica coule sous la seconde terrasse, située à 3 ou 4 m. au-dessus de la rivière ; cette terrasse est faite de sable où s'intercale une couche de gravier colorée d'oxyde de fer. Cette couche de gravier se poursuit à une grande distance sur les deux bords de la rivière.

61. Au village de Nagórzyce, la troisième terrasse est taillée dans le grès cénomanien et la marne turonienne, qui supportent une couche de gravier et de sable. Vis-à-vis du pont, la marne est recouverte d'argile avec graviers.

62. Plus au Sud, se trouve un ravin creusé dans le Crétacé ; il est rempli de sable argileux.

63. A Swolszewice existe, sur le versant de la vallée, une carrière où l'on peut voir des dépôts quaternaires reposant sur la surface préquaternaire :

- | | |
|--|------|
| 1. sol | 0,50 |
| 2. sable jaunâtre, argileux, stratifié avec des graviers
de granite et galets en amas lenticulaires . . . | 2,00 |
| 3. assise de graviers grossiers, soudés à la marne de
base par un dépôt d'oxyde de fer | 0,50 |
| 4. marne sénonienne. | |

64. Plus loin, la seconde terrasse est sableuse, sa hauteur, près du village de Błota, est de 3 m. ; elle est constituée par :

- | | |
|--------------------------|------|
| 1. sable jaune | 0,75 |
| 2. sable blanc | 2,50 |

65. Plus à l'Ouest, la Pilica décrit un grand méandre. La structure du bord (deuxième terrasse) est la suivante :

1. sol 0,20
2. sable jaune 1,00
3. graviers et sables en couches alternantes. Dans la
partie supérieure du gisement les graviers sont
plus grossiers que dans la partie inférieure.
Sous les couches horizontales, on observe une
stratification entrecroisée avec inclinaison au Sud 0,50
4. sable blanc, visible jusqu'à 2,50

En général, la succession est continue, bien qu'au Sud du méandre la couche des graviers supporte immédiatement le sol, les couches intermédiaires ayant disparu par érosion. Le sable jaune disparaît et dans le sable blanc apparaît une couche d'humus d'une épaisseur de 40 cm. Au-dessus vient une lentille de gravier de 0,5 m. de diamètre.

Voilà, pour la rive gauche, occidentale, de la Pilica. Je passe à la description de la rive droite.

Au village d'Utrata, situé au fond de la vallée, deux sondages ont donné les résultats suivants :

66. Sondage n° 1.

1. 0-0,60. Sable quartzitique (calibre jusqu'à 1 mm.) avec humus (Sol).
2. 0,60-2,39. Sable quartzitique avec graviers et fragments de roches cristallines. Le calibre des grains va de 0,5 à 4 mm. (Sous-sol).
3. 2,39-3,49. Sable quartzitique avec graviers grossiers à éléments de calcaire jurassique, de grès triasiques et de roches cristallines.
4. 3,49-6,26. Argile (Geschiebemergel) altérée, avec cailloux de roches cristallines et de calcaire jurassique.

5. 6,26-7,06. Calcaire compact, clair, dur, un peu schisteux.

67. Sondage n° 2.

1. 0-2,24. Sable quartzitique jaune à nombreux fragments de roches.
2. 2,24-3,57. Sable quartzitique jaunâtre à galets de roches cristallines.
3. 3,57-5,00. Sable quartzitique jaunâtre, un peu marneux.

4. 5,00-6,70. Sable quartzitique à graviers de roches cristallines et de calcaire jurassique.

5. 6,70-8,00. Marne blanche compacte (Crétacé), etc.

68. En face de Brzóstówka, dans la troisième terrasse, on voit le sable. Plus au Sud, la rivière s'approche de cette terrasse et à Węgliska, on peut observer :

1. sol	0,25
2. sable stratifié	2,00
3. graviers	0,15
4. sable argileux	4,00

69. Plus au Sud, on trouve :

1. sol	0,30
2. sable jaune argileux	0,50
3. sable blanc avec une couche de graviers	3,50

Les conches n^{os} 2 et 3 de l'affleurement précédent manquent ici, le bord de la terrasse étant plus bas.

70. La seconde terrasse passe graduellement à la première (basse terrasse), située à 0,5 m. au-dessus de la rivière; elle montre :

1. sol.
2. sable alluvial.
3. humus.
4. sable alluvial.

71. Plus loin, la Pilica coule près de son ancien versant, qui est fait de grès cénomaniens, en coupant au travers du synclinal. La basse terrasse se trouve à l'altitude de 149 m., la seconde est de 4 m. plus élevée et la troisième est à 12,8 m. au-dessus de la seconde.

72. Près de l'endroit appelé « Odmęt », qui est situé encore plus au Sud, sur la seconde terrasse, se trouve un reste de l'ancienne troisième terrasse; il est séparé de la terrasse marginale par un vieux thalweg très profond et rempli d'eau. La colline isolée est faite de grès cénomaniens visible sous la couverture de sable.

73. Vis-à-vis des cavernes de Nagórzyce, sur le bord droit de la rivière, on observe :

1. sol	0,30
2. sable	1,00
3. graviers	0,75
4. sable argileux	2,50
5. graviers	0,15
6. sable visible jusqu'à	3,00

La partie supérieure de cet affleurement correspond au gisement de Węgliska (68) et la partie inférieure correspond à l'affleurement suivant. Le sable des couches nos 2 et 4 et les graviers du n° 5 correspondent aux dépôts analogues qui sont observables dans la seconde terrasse au Sud de Brzostówka.

74. Près de Biała Góra, nous voyons :

1. sol.
2. sable renfermant une couche et des lentilles de graviers à galets de granite, avec gros cailloux de matériel local (calcaire et grès).
3. grès cénomaniens.

Deux mètres plus bas, plus près de la rivière, on trouve un sable stratifié nettement alluvial. En ce point passe le versant d'une ancienne vallée préquaternaire. La surface de la roche en place s'élève d'abord rapidement de 6 m.; ensuite, l'inclinaison devient plus douce. Dans le fossé qui délimite les champs de Smardzewice, on voit la surface du grès cénomaniens monter régulièrement. Le grès est recouvert d'une couche de sable rouge avec graviers à galets granitiques diversement calibrés et blocs de schistes argileux avec oxyde de fer.

75. A l'extrémité occidentale de Smardzewice, près de la route, au passage de la première à la seconde terrasse existe, au-dessus du sol, un sable alluvial qui recouvre la marne crétacée. La surface d'érosion de la marne s'abaisse rapidement vers la rivière et supporte une assise de graviers à éléments granitiques. Ce curieux petit affleurement révèle l'existence d'une terrasse ancienne, creusée dans la roche en place.

La figure 3 exprime sous une forme généralisée les résultats de mes études sur la vallée de la Pilica.

76. Parallèlement à Smardzewice et normalement à la Pilica s'allonge un ravin. La route, qui mène du village aux prairies,

descend dans ce ravin; on y revoit la surface du grès cénomanién. Près du cimetière, où le ravin commence, se trouve une briqueterie, dans l'excavation de laquelle on observe :

1. sable avec blocs 2,00
2. argile brune jaunâtre.

77. Au Sud de Smardzewice, le ravin « Smug » aboutit à la vallée de la Pilica. Ses versants sont sableux, mais la marne crétacée est visible par places. Le fond du ravin a été récemment approfondi, de sorte que l'ancien fond se creuse d'une étroite dépression, petite auge qui s'allonge jusqu'au débouché du ravin. Grâce à cette circonstance, j'ai pu observer, en certains points, une couche de graviers granitiques grossiers, et au-dessous, un deuxième sable, coloré d'oxyde de fer. A deux mètres plus haut, sur le versant, on voit la marne crétacée. Plus en aval, le fond du ravin est fait de marne, et la couche des graviers qui occupait le fond, se tient, en cet endroit, au-dessus du lit.

Le lit actuel a été creusé dans les temps récents et le

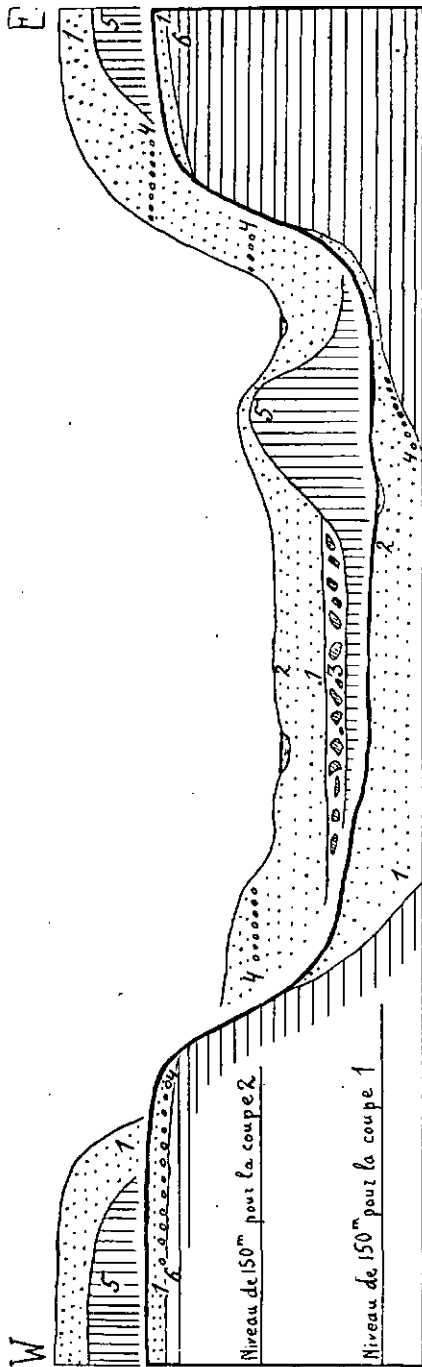


FIG. 3. — COUPES SCHÉMATIQUES JUNTAPOSÉES A TRAVERS LA VALLÉE DE LA PILICA, AU SUD DE TOMASZÓW RAWSKI.

1. Sable fluvioglaciaire; 2. Sable alluvial; 3. Moraine; 4. Couches de graviers; 5. Grès cénomanién; 6. Marne turoonienne. Echelle des longueurs 1 : 2.250.000.
Rapport des longueurs aux hauteurs = 1 : 20.

versant droit du ravin a été plus complètement déblayé que le versant gauche, qui est recouvert de sable quaternaire.

Plus près du débouché, on peut distinguer trois terrasses. Sur la seconde, débouche un ravin tributaire. Sur le versant gauche du ravin « Smug » on trouve du sable stratifié qui repose sur la marne.

Il résulte de cette description que le ravin a été creusé dans la marne crétacée avant le dépôt du Quaternaire. Aujourd'hui, il est nettoyé de ces sédiments, et l'érosion récente n'a pas suivi le milieu de l'ancien ravin ; elle a déblayé sur la droite.

78. Près du bord gauche de l'embouchure, on voit la marne ; de l'autre côté, le sable stratifié alluvial atteint le même niveau ; ici commence la vallée de la Pilica.

La III^e terrasse est faite de marne crétacée recouverte de sable.

La II^e terrasse est faite de sable stratifié. Elle est plus étendue que la précédente ; on y trouve de petites dunes qui séparent des lacs.

La I^{re} terrasse (alluviale) comprend la succession :

1. sable.

2. humus.

3. sable.

79. La terrasse recouverte de dunes s'allonge au Sud, derrière Tresta Szlachecka et c'est seulement près de la forêt de Zarzęcin que j'ai aperçu une autre configuration. La vallée de la Pilica s'élargit ici beaucoup. Dans la seconde terrasse, qui correspond à l'affleurement du grand méandre de l'autre côté de la rivière, on voit :

1. sol 0,20

2. sable jaune 1,00

3. graviers 0,15

4. sable blanc, visible jusqu'à 2,00

La terrasse la plus haute est recouverte de sable et de petites dunes déjà remaniées.

Le plateau abonde en grands blocs de granite déposés sur le sable pur ou sur le sable argileux. Je me borne à la description de quelques petits affleurements que j'ai observés près du village de Włwał, et dont nous aurons à reparler à propos des phénomènes karstiques :

80. Dans les excavations artificielles, on observe :

1. sol 0,20
2. sable avec graviers granitiques 1,00
3. galets fins de silex noir 0,05-0,30
4. sable blanc.
5. calcaire en place.

81. Quelques mètres plus loin on trouve :

1. sol 0,30
2. sable jaunâtre 0,50
3. galets noirs 0,10
4. sable jaunâtre 0,50
5. sable blanc avec blocs erratiques 1,00

82. Un peu plus à l'Ouest :

1. sable avec gravier.
2. argile noire compacte.
3. marne jaune altérée.

*

Après avoir fait connaître les faits que j'ai observés dans les montagnes de Kielce et dans le grand synclinal jurassique, il me reste à décrire les affleurements quaternaires qui recouvrent le flanc oriental de l'anticlinal jurassique de Cracovie-Wielun. Je ferai d'abord connaître les nombreux affleurements de la vallée de la Szreniawa et environs. C'est une des plus grandes vallées du pays, qui est couvert de loess; les ravins latéraux montrent les formes d'érosion caractéristiques de ce dépôt.

83. Au début d'un ravin, j'ai observé, au village de Podleśna Wola, à 1 km. au Sud du tunnel du chemin de fer, un premier affleurement. Le ravin est dominé par une paroi de marne crétacée stratifiée haute de 20 m.; sur cette marne repose une couche de loess épaisse de 2 m.

Sans décrire tous les affleurements semblables, je me borne à dire que le loess varie en épaisseur suivant les points et qu'il repose sur des marnes appartenant à différents niveaux du Crétacé. Les dénivellations de la base du loess atteignent et parfois

même dépassent, en des points rapprochés, le chiffre de 40 m.

84. A l'entrée sud-ouest de Miechów, par exemple, le lœss repose sur la marne. Le contact se trouve à 20 m. de hauteur au côté gauche et à 15 m. au côté droit de la route.

85. J'ai trouvé, près de la route de Siedliska, dans un petit ravin, un bloc de 1,5 m. de diamètre ; il est en quartzite. Tout son aspect, forme aplatie, arêtes et angles arrondis, prouve son origine cratérique. J'ai également trouvé, dans le même village, beaucoup de cailloux semblables, et plus petits.

86. Près de la route de Siedliska à Strzeżów, sur une colline, on observe ce qui suit :

- | | |
|---|------|
| 1. sol | 0,30 |
| 2. sable quartzitique avec lits à galets de quartz. Les galets sont cimentés et forment des conglomérats ; les lits sont colorés d'oxyde de fer . . . | 2,00 |

87. Plus loin, la route s'approche d'un ravin dont le versant droit (septentrional) montre :

- | | |
|---|------|
| 1. conglomérat à ciment de lœss et galets de calcaire marneux | 0,50 |
| 2. sable gris compact | 0,50 |
| 3. argile verdâtre avec lits colorés par de l'oxyde de fer | 1,00 |
| 4. argile noire, grasse, avec des couches colorées d'oxyde de fer et des restes de végétation . . . | 4,00 |

Cette argile repose sur la marne crétacée, qui est visible à quelques mètres plus bas. Au fond du ravin, j'ai trouvé un bloc de quartzite.

Dans un village, situé de l'autre côté du chemin précité, un sondage de 38 m. n'a pas rencontré d'argile.

88. A l'Ouest de Miechów, le ravin Podmiejskowolski, déjà décrit, s'abouche à un autre ; près de leur confluent se trouvent, sur les deux versants, des affleurements artificiels qui mettent à nu des dépôts quaternaires. Sur le versant septentrional, près d'une briqueterie, on observe la coupe suivante :

- | | |
|-------------------|------|
| 1. sol | 0,20 |
| 2. lœss | 3,00 |

3. limon verdâtre avec lits rubéfiés par de l'oxyde de fer 1,00
4. argile sableuse, avec des couches rougeâtres et verdâtres 0,75
5. lits sableux alternant avec de l'argile brune 1,00
6. sable fin, blanc, stratifié horizontalement, avec des galets de marne crétacée et de granite, visible jusqu'à 2,50

Les couches 4 passent graduellement aux couches 5.

89. Au-dessous de la route de Wolbrom, dans une briqueterie située de l'autre côté d'un ravin, le versant méridional de celui-ci montre des dépôts quaternaires visibles sur une grande distance.

On observe :

1. sol 0,20
2. loess 4,00
3. limon verdâtre 0,25
4. argile sableuse brune 0,50
5. limon verdâtre, gras, stratifié 0,25
6. sable rougeâtre (couche ondulée) 0,25
7. argile sableuse, rubéfiée, avec lits (2-4 cm.) de sable, légèrement ondulés. Les sables supérieurs sont plus finement lités que les sables inférieurs. Il y a des galets de granite 1,00
8. sable identique à 6 0,25
9. sable fin, blanc, stratifié, alternant avec des couches à galets de marne crétacée.

On trouve en outre, mais beaucoup plus rarement, des graviers de quartzite, de silex et de granite. Le calibre des graviers à éléments crétacés est en moyenne de 2 cm. ; dans les graviers granitiques, il atteint parfois à la grosseur du poing. Les minces couches de sable et de galets plongent au Nord.

90. Sur la paroi orientale du ravin, beaucoup plus bas que précédemment, on constate :

1. sol 0,20
2. loess 2,50
3. argile brune avec galets 1,00

4. sable fin, blanc. Ces lits alternent avec des couches à galets de marne crétacée ; chacune de ces dernières peut atteindre 20 cm. d'épaisseur. L'excavation artificielle n'a pas encore été poussée plus bas 1,50

91. Dans la paroi méridionale, sur le côté intérieur (septentrional) on voit :

1. loess 1,00
3. argile brune, avec couches sableuses 2,00
3. sable blanc avec des galets de granite, de silex et de marne crétacée en petit nombre. La stratification est entrecroisée. Épaisseur visible . . . 1,50

92. Dans un travail antérieur (30), j'ai décrit ces affleurements d'après leur état en 1911. En 1913, je les ai visités à nouveau et je me suis aperçu de certains petits changements. Un nouvel affleurement m'a montré la surface érodée du sable, laquelle est creusée de poches de 1 m. de profondeur remplies de limon jaunâtre.

93. Deux cents mètres plus à l'Ouest, sur le versant septentrional du ravin, on observe la succession :

1. loess 4,00
2. limon brun stratifié, en bancs épais de 15 à 20 cm., alternant avec des couches sableuses 1,25
3. marne crétacée.

Ces affleurements montrent que le sable stratifié affleure en lentilles entre le loess et le Crétacé.

94. Dans une briqueterie, située de l'autre côté de la route de Wolbrom, on voit le loess, le limon et le sable ; ce dernier, en quantité insignifiante.

95. Un kilomètre plus à l'Est on trouve, près de la route de Cracovie, une briqueterie ; jusqu'à 5 m. de profondeur il n'y a que du loess.

96. Le même sable stratifié est visible sous la couverture de loess dans le village de Kacice, situé à 11 km. au Sud de Miechów. Dans le ravin, une fouille montre :

1. sol 0,15
2. limon brun 1,00

3. argile alternant avec des couches de sable et des galets de marne 0,50
4. sable blanc stratifié 1,00
5. couche de galets de marne avec cailloux. Le calibre des galets augmente vers le bas de la couche . . 0,50
6. sable fin, blanc, stratifié avec deux lits à galets de marne (épais de 30 cm. chacun) et plusieurs couches à galets plus fins 2,00
7. galets de marne 0,40
8. sable fin, blanc, stratifié. 3,00
9. marne crétacée.

Outre les galets crétacés, dont la quantité est immense, on trouve encore, en nombre insignifiant, des galets de quartzite paléozoïque des montagnes de Kielce et de granites nordiques. Ces derniers sont petits, fragiles et très rares. Pourtant, dans le sable inférieur, on a trouvé, en repos immédiat sur la marne crétacée, deux grands blocs de granite rouge (*rapakiwi*) mesurant 1 m. Les galets fournissent en outre quelques échantillons de roches karpatiques.

97. Le loess, visible dans le même ravin, présente des gisements hétérogènes. A la partie supérieure, il est uniforme ; les masses les plus élevées montrent une stratification nette à minces lits jaunâtres, alternativement clairs et foncés. L'épaisseur totale du gisement stratifié est de 1 m. ; au-dessous, recommence le loess uniforme ; encore plus bas se trouve le sable.

98. Un peu à l'Est de l'affleurement précité, sur le côté droit de la route de Prendocin, on trouve :

1. sol 0,40
2. sable avec restes de galets calcaires décomposés . 0,50
3. sable stratifié avec galets de marne 0,75

99. Plus loin encore, près de la route de Cracovie, dans l'excavation d'une briqueterie, on trouve :

1. loess 4,00
2. argile avec des blocs de granite dépassant parfois la grosseur de la tête. 3,00

100. Près du sentier de Kacice à Stomniki, argile brune à galets marneux.

101. Plus loin, sur le versant méridional d'une colline, derrière un cimetière, un petit affleurement montre :

- | | |
|---|------|
| 1. lœss | 2,00 |
| 2. couche à restes de galets de calcaire marneux altérés, galets de marne et de granite | 0,50 |
| 3. sable stratifié à galets de marne avec lits rubanés et rubéfiés | 1,20 |
| 4. argile verdâtre avec lits jaunâtres et rougeâtres | 1,00 |
| 5. sable fin, blanc, ou parfois coloré en jaune, avec lits de galets marneux | 1,50 |

102. Tout près de Stomniki, la route s'engage ensuite dans une vallée argileuse ; on observe :

- | | |
|---------------------------|------|
| 1. lœss | 6,00 |
| 2. argile brune | 1,00 |
| 5. marne crétacée. | |

103. Au Sud de Stomniki, près de la ville, coule la Szreniawa. Sur le versant septentrional (droit) de la vallée se trouve un sable blanc, à galets marneux ; il est recouvert d'argile et de lœss. Sur le versant méridional (gauche), le lœss recouvre immédiatement la marne, qui domine de beaucoup la rivière.

104. Plus au Sud encore, sur une colline, se trouvent deux briqueteries. Dans la première, on voit :

- | | |
|--|--|
| 1. lœss. | |
| 2. lœss plus clair. | |
| 3. lœss stratifié, d'une épaisseur totale de 3 m., avec une lentille de galets de marne crétacée. Les galets ont un calibre de 2 cm. | |

105. Dans la seconde briqueterie on trouve :

- | | |
|---|------|
| 1. lœss | 5,00 |
| 2. lœss stratifié | 1,00 |
| 3. sol fossile (<i>tchernoziom</i>) | 0,10 |
| 4. galets de marne | 0,20 |
| 5. lœss avec cailloux épars. | |

106. Encore plus au Sud, près du village de Niedźwiedz, dans une briqueterie, on trouve d'excellents affleurements où l'on voit :

- | | |
|--|------|
| 1. lœss | 4,00 |
| 2. limon verdâtre, à surface inégale | 1,00 |

3. limon stratifié. Les couches sont d'épaisseur variable ; de l'oxyde de fer les a cimentées plus ou moins fortement 1,00
4. limon cohérent à ciment d'oxyde de fer 0,20
5. sable fin, blanc, avec de très nombreux galets de marne crétacée. On trouve plus rarement des silex, du grès brun, du granite et des *Bélemnites*. La stratification est entrecroisée 4,00

107. Au côté occidental de l'affleurement, le sable n'est pas visible ; on n'y voit qu'un lœss stratifié, plongeant faiblement au Sud, en même temps que le limon qui le supporte.

108. Quelques mètres plus à l'Est, le lœss stratifié se trouve au même niveau que le sable de l'affleurement 106.

109. Encore plus loin, à l'Est, on observe :

1. lœss 2,00
2. limon verdâtre 1,50
3. limon avec galets et sable colorés par de l'oxyde de fer 0,40

110. Toujours plus à l'Est, près de la route de Niedźwiedz, on voit :

1. lœss à galets de marne disséminés 2,00
2. sol fossile avec humus et petits galets 0,50
3. sable blanc avec galets de marne.

Dans cet affleurement, j'ai trouvé, en outre, de petits galets de flysch karpatique.

111. Plus loin, sur le versant du même ravin, on voit :

1. lœss 1,50
2. sable blanc stratifié. Certaines couches sont rubéfiées. La partie supérieure est moins riche en galets ; plus bas, ceux-ci augmentent en nombre et tout à la base les couches à galets règnent exclusivement 6,00

112. Près de la route de Słomniki à Proszowice, j'ai vu, à la ferme de Chałupa Przecławska, au niveau de la chaussée, l'affleurement suivant :

1. sol et lœss 0,50
2. sable blanc stratifié avec galets. Visible jusqu'à 2,00

On a creusé jusqu'à 12 m. dans ce sable, dont on a extrait 2000 chars. En ce point, ainsi que dans l'affleurement précédent, aucun limon ne fait transition entre le loess et le sable.

113. A trois km. au Nord de Proszowice, sur le versant gauche de la Szreniawa, près du village de Gniazdowice se trouvent de beaux affleurements fluvioglaciaux. Près de la route, dans la paroi d'un ravin, côté SE, on constate :

1. loess	4,00
2. sol rubéfié	0,04
3. loess	0,05
4. sol	0,05
5. loess avec couche rubéfiée	0,15
6. sol sableux, dont la partie supérieure est plus claire	1,00
7. sable fin, blanc, avec galets de marne. Visible jusqu'à	1,00

114. Le sol fossile se trouve également de l'autre côté de la route, mais nous le voyons ici au niveau de cette dernière, c'est-à-dire plus bas que dans l'affleurement précédent.

115. A quelques mètres de là, on retrouve :

1. loess	2,00
2. sol fossile	0,50
3. sable fin, blanc, à galets tantôt disséminés, tantôt groupés en lentilles. Visible jusqu'à	4,00
Le niveau du sable se trouve à 3 m. plus haut que dans les affleurements précédents.	

Un peu plus loin et plus bas, le même affleurement montre déjà du sable à stratification entrecroisée et galets 6,00

Dans la paroi orientale, le loess repose immédiatement sur le sable.

De l'autre côté de la route, au niveau du sol fossile, il n'y a que du sable, découvert jusqu'à une hauteur de 7 m.

116. Plus loin, à l'Ouest, la route passe sur la terrasse de Ścieklec et près d'elle affleure encore le même sable.

Les sommets des collines entre la Szreniawa et le Ścieklec atteignent 240 m. d'altitude. La vallée de Ścieklec est à 209 m. et la vallée de la Szreniawa à 202 m. ; la ligne de partage présente

donc une dénivellation de 30 m. environ. Elle est occupée par un lœss sous lequel se trouve le sable déjà décrit.

117. Près du village de Śmiałowice (Plusy), sur la ligne de partage entre la Szreniawa et la Vistule, on trouve un bel affleurement de matériel mixte. La couche supérieure est faite d'un lœss épais de 1,5 m. Au-dessous vient une puissante couche de gravier à galets bien ovales dont le calibre est de quelques centimètres et dont un grand nombre est, à n'en pas douter, d'origine karpatique : ce sont des grès du Flysch.

Passons maintenant à la ligne de partage entre la Szreniawa et la Dłubnia.

118. Au Nord du village de Szklana, à une altitude de 240 m. environ, affleure la coupe suivante :

1. limon jaune, avec galets, semblable à du lœss. Les galets sont de quartzite blanc, lustré ou noir ; ils sont épars ou groupés en petites lentilles. On y rencontre des grès de Flysch karpatique 2,50
2. sable jaune avec graviers ; ces derniers sont faits des mêmes roches que ceux de l'assise précédente, mais beaucoup plus gros ; ils atteignent la grosseur du poing 3,00
3. conglomérat des mêmes graviers 0,30
4. grès grossier, faiblement cimenté, avec petits galets 0,50
5. grès jaune, fin, fragile. Visible jusqu'à 1,00

119. Un kilomètre plus loin, de l'autre côté de la vallée, à la même altitude, contre la paroi NE., on voit :

1. sol et argile 1,00
2. sable brun. 0,40
3. grès grossier, liant faiblement de petits galets . . 0,40
4. couche de grès fin, contenant 3 lits de grès grossier avec galets. Visible jusqu'à 1,50

120. Sur la paroi méridionale, on trouve :

1. limon 1,00
2. sable grossier jaunâtre 1,50

121. La couche de grès de l'affleurement 119 n° 3, s'élève vers le Nord et sur la paroi septentrionale, on observe :

1. limon 1,00

2. sable brun avec galets 1,00
3. grès tendre, jaunâtre, avec graviers parmi lesquels
les quartzites noirs ont la grosseur du poing.
Les graviers forment un conglomérat 1,50
4. grès blanc.

122. Près de la route de Koniusza à Polekarcice, on observe :

1. lœss 1,00
2. limon avec des bandes jaunâtres, semblables au
lœss à sec, verdâtres après frottement 2,00

123. Deux mètres plus bas, au niveau de la route, à l'altitude d'environ 240 m., affleure la marne crétacée ; la surface préquaternaire revient ici au jour.

124. Au Nord de Polekarcice, près de la route de Przesławice, dans la paroi d'une terrasse qui domine le ruisseau de 25 à 30 mètres, on voit :

1. sable jaune argileux avec petits graviers granitiques ;
2. sable jaune sans gravier ;
3. sable fin, blanc, avec une couche très mince à galets de marne. Visible jusqu'à 1 m.

125. Plus loin, à gauche de la route, on trouve :

1. limon jaune, semblable au lœss 1,00
2. couche compacte, à galets de marne avec un petit
nombre de galets de granite, de quartz et du
sable grossier 0,75
3. après une zone de transition graduelle, le sable
devient plus fin, les galets plus petits et ces der-
niers beaucoup plus rares, forment des couches
plus minces 2,00

J'ai trouvé, dans cet affleurement, un bloc de granite de 40 cm. de diamètre. Quelques mètres plus loin et 3 m. plus bas se trouve du sable avec un petit nombre de galets ; épaisseur visible : 1 m.

126. A l'Est du village de Goszyce, dans une petite briquetterie, on peut observer le lœss jusqu'à 1 m. de profondeur ; plus bas, vient de l'argile verdâtre sans galets, avec grandes taches jaunâtres.

127. A l'Ouest du village, on trouve :

1. argile 1,00

2. argile en lits, claire, brune, un peu marneuse à la base 0,50
3. argile avec graviers de quartzite et de granite . . . 0,50
4. conglomérat à galets de marne et de quartzite . . . 0,50
5. couche rubéfiée 0,10
6. marne crétacée.

128. Au NW de Goszyce, près du ruisseau, on voit :

1. limon, loess 2,00
2. couche argileuse à galets décalcifiés 0,50
3. conglomérat à éléments de marne et de grès . . . 0,40
4. sable 2,00

129. Dans le village de Wola Luborzycka, près de la route, de l'argile jaunâtre est visible. Dans le village de Kaukaz, à l'altitude de 280 m., loess stratifié avec une lentille de galets marneux.

130. Dans le village de Luborzyca, près de la route de Marszowice, se trouve une petite chapelle, derrière et au-dessus de laquelle on constate dans la paroi abrupte de la vallée :

1. argile jaune ;
2. argile jaune, sableuse, à graviers de quartzites noirs, de quartzites blancs et de granite. Cette couche repose sur la marne crétacée, à l'altitude de 270 m.

131. Plus loin, on trouve un dépôt considérable de graviers qui forme vraisemblablement les deux collines en arrière de Luborzyca. Au-dessous de la couche argileuse existe une couche de matériel mixte à galets de grès, diversement colorés, de Flysch karpatique, de quartz local caractéristique, noir et blanc, et de granite septentrional ; ce dernier en petite quantité. Au-dessous, minces lits à galets fins et encore plus bas, sable fin.

132. Dans le village de Maciejowice, la surface de la marne est à l'altitude de 230 m., au-dessus repose l'argile jaune.

133. Près de la route de Pielgrzymowice à Zdziesławice, à l'altitude de 250 m., le sol argileux renferme d'abondants graviers à éléments de grès du Flysch karpatique. Plus bas, on trouve du sable jaune, et au-dessous, du limon verdâtre.

134. De l'autre côté du village, c'est-à-dire à l'Ouest, à l'altitude d'environ 260 m. on voit :

1. argile jaunâtre et rougeâtre 0,75
2. limon verdâtre avec taches de décalcification . . . 0,50
3. argile à taches verdâtres, jaunâtres et rougeâtres,
semblable à la moraine locale des montagnes
de Kielce 2,00
4. plus bas, recouvert par un éboulement, du sable à petites
paillettes de mica et graviers de quartzites lustrés noirs
et blancs, de grès cénomaniens locaux, de grès bruns
ou rougeâtres du Flysch karpatique ; beaucoup plus
rarement, petits graviers granitiques.

135. Par le village de Zdziesławice coule vers l'Ouest, dans un profond ravin, un petit ruisseau qui est un affluent gauche de la Dłubnia. Le versant gauche de ce ravin montre de hautes parois de marne surmontée par le lœss. Le versant droit, par contre, s'élève en terrasses étagées. La première est haute de 6 m., la deuxième est encore plus haute et la troisième, qui est très abrupte, atteint à l'altitude de 280 m. environ. Ces terrasses sont formées de lœss ; nous avons donc une épigénie, car le ravin, en tout cas, a été creusé dans le Crétacé avant le dépôt du lœss.

136. Près de la route de Michałowice à Więclawice, à l'altitude d'environ 270 m. et plus bas, on voit partout de l'argile jaune, du limon verdâtre et des graviers à éléments gréseux, dont l'origine karpatique n'est pas douteuse.

137. La route qui conduit par le ravin de Więclawice à Młodziejowice, à l'altitude de 260 m., passe sur la marne crétacée. Plus bas, la route se tient sur un lœss dans lequel de minces lentilles de graviers marneux sont visibles. A 35 m. au-dessous, la marne réapparaît. Il en résulte que la surface de la marne s'enfonce sous le lœss vers l'Ouest, c'est-à-dire vers la Dłubnia.

138. Près de la route de Młodziejowice à Michałowice, au pied du versant abrupt d'une des terrasses de la Dłubnia, on trouve du matériel mixte. Dans un limon qui est probablement du lœss altéré, existe une mince couche de gravier à éléments de marne, de quartzite, de grès du Flysch et plus rarement du granite. Plus loin vers l'Est, à 220 m. environ, apparaît la marne crétacée ; quelques mètres plus haut, on observe des graviers et des cailloux de marne avec le matériel précédemment décrit. Pour-

tant, les graviers karpatiques typiques ne s'y trouvent qu'en petite quantité.

139. Le village de Maślomiąca est situé dans une dépression caractéristique qui se relie à la vallée de la Dłubnia par une courte gorge. Près de Wysiołek Wierclawski, à l'altitude de 270 m., apparaît la marne ; vingt mètres plus bas se trouve une terrasse de loess et le fond de la dépression (235 m.) est occupé par un lac. Il est évident que la dépression est pour le moins antérieure au loess ; c'est une ancienne doline karstique.

140. Dans la gorge qui relie la dépression de Maślomiąca à la vallée de la Dłubnia, coule un ruisseau, dont les terrasses sont taillées dans le loess ; cela montre que la dépression et la gorge elle-même sont épigéniques.

141. Au Nord de Michałowice, sur le versant gauche, très abrupt, de la vallée de la Dłubnia, la marne atteint environ 235 m. d'altitude. Sur cette marne repose une couche d'argile rouge, épaisse de 0,5 m., avec cailloux de marne ; au-dessus vient le loess.

142. Au Nord et au Nord-Est du village de Zerwana, le loess est visible dans tous les ravins ; j'ai trouvé, dans le plus profond de ceux-ci, des graviers de marne à l'altitude de 225 m.

143. A l'Ouest de Zerwana, au fond d'un ravin, se trouvent des graviers marneux. A l'altitude de 225 m. apparaît la marne au-dessus de laquelle on observe :

1. loess jaunâtre, à la partie supérieure, plus clair,
avec lits jaunes à la partie inférieure 3,00
2. couche rubéfiée 0,10
3. loess jaune avec zone de transition plus claire vers
le haut 5,00

144. A l'altitude de 235 m., au fond du ravin, l'épaisseur de la couche des graviers dépasse un mètre ; sur le versant gauche du ravin se trouve :

1. argile brune jaunâtre avec traces de produits décalcifiés ;
2. couche rougeâtre avec graviers de marne ;
3. marne.

Ces observations détaillées faites sur les versants de la vallée de la Dłubnia sont coordonnées dans le stéréogramme fig. 4 ;

on y voit que la vallée existait déjà avant le dépôt du loess ;
toutefois, elle était plus large qu'aujourd'hui et ses versants

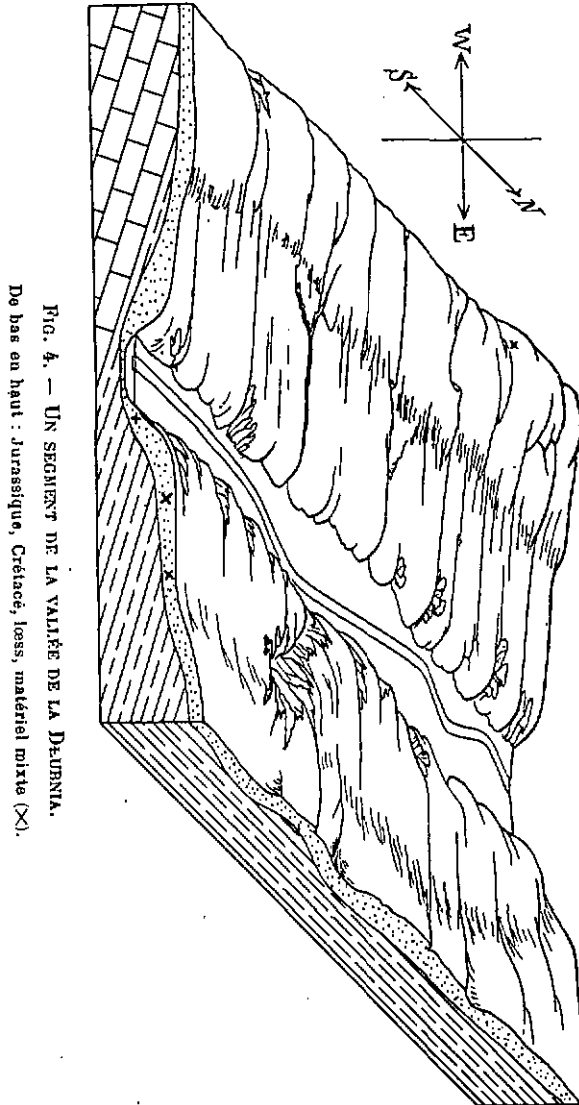


FIG. 4. — UN SEGMENT DE LA VALLÉE DE LA DEJUNIA.
De bas en haut : Jurassique, Crétacé, loess, matériel mixte (X).

étaient plus doux. Remplie ensuite de loess, elle a été enfin dé-
blayée de ce matériel éolien ; c'est donc une vallée épigénique.

La ligne de partage entre la Dłubnia et le Prądnik s'élève au maximum, à 450 m. ; près de la Dłubnia et plus bas apparaît le Crétacé ; vers l'Ouest, à une altitude plus élevée, le Jurassique sort de dessous le Crétacé. La nappe de loess s'étend uniformément sur ces deux terrains.

145. Au village de Narama (environ 340 m.), près de la route d'Owczary, on trouve, dans des terrains en voie de glissement, de la marne et de l'argile sableuse avec matériel mixte (nordique et karpatique). Au-dessus vient le loess.

146. J'ai observé à Korzkiew des affleurements importants pour l'intelligence de l'origine du matériel des sables décrits ci-dessus :

1. loess.
- 2-5. le Crétacé, comprenant :

2. marne	2,50
3. argile verdâtre à bandes jaunes	1,50
4. conglomérat dur, à petits cailloux de quartz noir ou blanc, bien polis, et d'un calcaire rouge ré- sistant	4,00
5. sable jaune.	

147. Dans la paroi septentrionale de l'autre ravin on observe la même coupe, mais dans la paroi occidentale on trouve :

1. loess avec concrétions fragiles à zones concentriques, colorées par de l'oxyde de fer 2,00
2. sable blanc à grains lustrés avec grands blocs de quartzite compact. Plus bas le sable est blanc, stratifié, sans cailloux, légèrement incliné vers l'Est 7,00

Dans les affleurements 146 et 147, je n'ai pas trouvé de fossiles permettant d'établir exactement l'âge des assises indiquées comme crétacées, mais l'habitus de la marne (146, 2) est identique à celui de la marne sénonienne qui remplit le synclinal jurassique. Cela me permet de la regarder comme sénonienne. Le sable (146, 5) peut être considéré comme appartenant au Céno-manien, qui affecte le même faciès dans les environs immédiats, sur la rive droite du Prądnik. J'attribue également au Cénomanien ou au Turonien les dépôts de Szklana décrits ci-des-

sus (118) ; ils ont le même faciès que les conglomérats et les sables de la coupe 146, n^{os} 4 et 5. Ces niveaux crétacés doivent exister également à Luborzyca, mais le glissement qui affecte les parois en ce lieu ne m'a pas permis d'établir la chose avec certitude.

148. La vallée du Pradnik est épigénique comme celle de la Dlubnia ; dans la première, l'érosion a rattrapé la marne crétacée ; dans la seconde, le calcaire jurassique. Les terrasses supérieures du Pradnik sont formées de lœss. Ce terrain se trouve également au fond de la gorge du Pradnik. Outre les preuves stratigraphiques, d'autres faits témoignent de l'âge de la vallée.

La gorge du Pradnik et les ravins affluents abondent en cavernes, où on a trouvé les ossements fossiles des animaux suivants : *Ursus spelaeus*, *Hyaena spelaea*, *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorinus*, *Bos primigenius*, *Bison priscus*, *Mus sylvaticus*, etc.

149. A l'Ouest du Pradnik, rive droite, quelques ruisseaux coulent dans de profondes gorges avec la même direction que cette rivière. Le Jurassique est recouvert de lœss. Par déblaiement de ce dernier dépôt, le Jurassique est remis en saillie sur les points les plus élevés. La couverture du lœss, fortement développée, cache probablement d'autres dépôts quaternaires. On trouve des cailloux de granite à une altitude qui dépasse notablement 400 m. De même, dans le village de Czajowice, à l'altitude de 400 m., j'ai trouvé de l'argile à taches jaunes et vertes, sans graviers visibles.

150. A l'Ouest du Pradnik l'extension du lœss est à peu près la même que celle du Jurassique ; sur le territoire triasique et paléozoïque commence le sable glaciaire. Il y occupe de grandes étendues et forme de nombreuses dunes actuellement fixées. Cependant il existe près d'Olkusz deux régions de sables mouvants, où les phénomènes éoliens se continuent en petit. Le territoire situé au Nord d'Olkusz est appelé désert de Błędów ou « Sahara polonais ». Il a environ 4 km. de largeur sur 8 km. de longueur ; il est bordé d'une ceinture de dunes.

151. Entre Olkusz et Sławków existe un îlot de lœss assez étendu, accompagné de quelques autres îlots plus petits.

2. La glaciation et ses dépôts.

Les dépôts quaternaires sont constitués principalement de sables en masses énormes et de provenance diverse. L'argile à blocaux est rare, parce qu'elle n'est conservée que localement, sous forme d'argile sableuse brune à blocs peu nombreux et de petite dimension. Elle est fortement altérée et décalcifiée. Le limon est également rare et localisé.

La moitié septentrionale de mon territoire est recouverte de sable. Ses gisements inférieurs renferment des lits de graviers à galets cristallins et à galets locaux. C'est dans les vallées que le sable atteint sa plus grande épaisseur, laquelle dépasse 20 m. Dans le synclinal de Tomaszów Rawski, on trouve, parmi les sables glaciaires, des sables fluvioglaciaires locaux à éléments de grès cénomanien.

Le sable stratifié repose immédiatement sur les roches pré-quaternaires, quand il n'en est pas séparé par de l'argile ou des graviers. Près de Brzóstówka (56-59) on voit le sable reposer sur l'argile jurassique altérée dont il est séparé par une couche compacte de graviers à cailloux assez gros. A Swolszewice (63), le même sable repose sur la marne sénonienne, mais sa base passe à une couche à gros galets cimentés par la marne et colorés par de l'oxyde de fer. A Brzóstówka, dans la vallée de la Pilica (66), un sondage a montré une couche altérée d'argile à blocaux (Geschiebemergel) de 3 m. d'épaisseur, recouverte d'une couche de sable de 3,5 m. Les sondages exécutés le long du chemin de fer Herby-Kielce (35) montrent, sous les sables stratifiés, des argiles brunes ou grises dont l'épaisseur atteint 4 m. Mais on ne sait pas si ces argiles représentent toujours la moraine de fond. Ce n'est qu'à Secemin et Koniecpol que la moraine de fond est bien constatée. A Secemin, elle supporte des sables mouvants.

Bien qu'il ne soit pas prouvé, dans tous les cas particuliers, que l'argile située au-dessous du sable est de la moraine de fond, il semble bien que les plus vieux dépôts quaternaires du pays

soient les argiles morainiques ; c'est le cas, notamment, au sondage d'Utrata (66), où l'argile altérée renferme des graviers de roches cristallines et de roches locales ; c'est le cas aussi à l'affleurement de Smardzewice (76). Les argiles remplissent les dépressions de la surface préquaternaire ; mais sur les plateaux, elles ont été déblayées. Les graviers de base des sables stratifiés représentent le matériel d'anciennes moraines de fond remaniées par les eaux fluvioglaciaires.

Si nous considérons l'argile à blocs comme moraine de fond de la seconde glaciation nordique (*Polandien*) nous devons regarder le sable stratifié qui la recouvre comme fluvioglaciaire. On rencontre, sur ce sable, une multitude de grands blocs cristallins dont le diamètre peut atteindre un mètre. Ce sont vraisemblablement des blocs appartenant à la moraine de la troisième glaciation ; toutefois, au-dessus du sable stratifié, les argiles morainiques sont très rares, très désagrégées par les agents chimiques et mécaniques. Pour en finir avec la partie septentrionale du territoire, j'ajouterai qu'au niveau stratigraphique le plus élevé, une étendue très considérable est occupée par des sables mouvants. Ils se présentent sous forme de dunes parfois très accentuées, ou de collines récemment remaniées par le vent.

Les immenses gisements de sable ont fourni le matériel des dunes, qui sont postérieures à la grande glaciation et contemporaines du loess des contrées plus méridionales.

★

Dans les montagnes de Kielce les dépôts quaternaires se présentent sous forme d'argile à blocs, de limon, de sable stratifié, de sable mouvant et de tourbe. Cependant, le sable seul est très répandu ; les autres dépôts ne se rencontrent qu'en petite quantité. C'est également le sable qui remplit toutes les vallées, tandis que les autres dépôts quaternaires n'ont qu'une extension locale. Le limon et l'argile jaune tachetée se trouvent à la partie la plus basse au point de vue stratigraphique et topographique. Le limon gît sous la grande masse du sable stratifié,

comme par exemple à Leszczyny et Machocice (3), où il renferme de petits galets de roches locales et de roches cristallines nordiques. J'ai rencontré beaucoup plus souvent l'argile jaune, mais jamais en grande quantité. Elle est grasse, tachetée de vert et de rouge ; elle renferme des graviers de roches cristallines et de roches locales, telles que quartzites, calcaires dévoniens et grès bigarrés. Cette argile est un produit de désagrégation des schistes argileux siluriens ; elle appartient aux moraines de fond du glacier nordique, principalement formées, dans ce cas, de matériel local. Je ne partage pas l'opinion de précédents auteurs qui ont confondu cette argile avec l'argile à blocs. Quand l'argile tachetée renferme des graviers cristallins, la question est claire, mais quand elle ne renferme que des graviers locaux il n'est pas possible de dire si l'on a affaire à la moraine locale ou à des alluvions préquaternaires.

La question se complique encore du fait que le matériel cristallin nordique n'est pas toujours abondant, mais se rencontre parfois mélangé en proportion insignifiante au matériel local. J'ai constaté une seule fois avec certitude que cette argile tachetée était dépourvue de graviers. C'est en un point situé au Sud de Kielce, où cette argile remplit le fond de la vallée (38) ; son épaisseur y est assez considérable. La partie supérieure de l'argile est divisée en grands paquets empilés et charriés ; au-dessus vient le sable. Ces phénomènes mécaniques témoignent avec évidence du passage du glacier. D'autres fois, les relations entre le sable et l'argile ne sont pas aussi claires. Le sable de la partie supérieure de l'affleurement 38 appartient à la couverture sableuse dont j'ai parlé plus haut, couverture qui remplit les vallées de telle façon que seules les anciennes crêtes font saillie. Son épaisseur dépasse 20 m. ; en comptant depuis le niveau le plus élevé jusqu'aux roches en place du fond de la vallée, nous obtenons, pour l'épaisseur primitive du sable, un chiffre bien supérieur. Les gisements inférieurs du sable sont mal stratifiés ; ils comprennent de minces couches de graviers de roches cristallines et de roches locales. Les masses supérieures sont du sable mouvant, cependant il n'y a pas ici, comme dans le Nord du territoire, de véritables dunes.

L'argile à blocs forme donc deux niveaux stratigraphiques séparés par des sables ; l'argile supérieure est bien plus répandue dans la partie orientale des montagnes de Kielce que dans la partie occidentale et surtout méridionale. Les meilleurs affleurements que je connaisse sont ceux des briqueteries des environs de Kielce et surtout de Karczówka (37). Là, l'argile à blocs est une moraine de fond typique. Elle repose sur du sable avec gravier stratifié et est également recouverte de sable stratifié. Dans les autres affleurements, l'argile apparaît au-dessus ou au-dessous du sable, mais dans des conditions qui ne permettent pas de constater si elle équivaut à l'argile inférieure tachetée ou à l'argile supérieure de Karczówka. Siemiradzki (27) décrit certaines « argiles glaciaires » qui se trouvent à la base des dépôts quaternaires, mais je ne saurais dire si elles correspondent à mon argile à blocs ou à l'argile tachetée, car Siemiradzki ne distingue pas ces deux espèces d'argile. Le même auteur mentionne aussi « de l'argile glaciaire » reposant sur du sable (27, II, p. 505). Une longue discussion a eu lieu touchant la présence ou l'absence des nunataks au sommet de St^e Croix (Łysa Góra) et sur les autres sommets. On s'est appuyé sur la distribution du matériel nordique ; les opinions des divers auteurs sur ce problème ont déjà été résumées dans l'introduction. On conçoit que les montagnes de Kielce aient opposé une forte résistance à la marche du glacier ; toutefois, je puis établir que l'extension du glacier a été beaucoup plus grande qu'on ne l'a cru. Siemiradzki et Łoziński ont supposé qu'un territoire libre de glace s'élevait au Sud de la montagne de Łysa Góra. Łoziński écrit dans son mémoire : « In dem Streifen, welcher unmittelbar am Südfusse des Quartäzuges sich hinzieht (Huta-Bieliny-Porabki-Krajno), habe ich in den Diluvialgebilden trotz sorgfältigen Durchsuchens keinen Gesteinsplitter nordischer Herkunft gefunden, und danach muss ich annehmen, dass im Schatten der Querbarre des Sw. Krzyż-Rückens ein kleines Gebiet vom nordischen Inlandeise gar nicht berührt wurde » (25, p. 450). Or, j'ai observé, à Jachowa Wola, une argile sableuse plissée qui démontre que cette contrée a subi la pression du glacier (voir la fig. 2 et la description de l'affleurement 42). A Bieliny même, Sobolev (32) a observé un bloc de gra-

nite ; de même, dans les environs de Lechów et de Makoszyn, on a trouvé, à l'altitude de 325 m., des blocs de granite de 0,5 m. de diamètre, ce qui n'empêche pas Siemiradzki de considérer ces points comme ayant été libres de glace.

Łoziński fixe l'altitude de 330 à 340 m. comme limite supérieure de la glaciation sur le versant septentrional des montagnes de S^{te} Croix (Łysa Góra). Mais, au-dessus de cette limite, on a trouvé des traces de la glaciation, même sur les sommets les plus élevés, sous forme de graviers cristallins. Aux plus grandes altitudes, il reste fort peu de traces de la couverture glaciaire ; ce fait est explicable si l'on remarque qu'en arrivant le glacier a d'abord emprunté les vallées longitudinales et n'a couvert les sommets que plus tard. Par conséquent, les dépôts glaciaires étaient moins abondants sur les sommets. D'autre part, les montagnes ont subi une forte dénudation qui a déblayé le matériel glaciaire des collines les plus élevées. Certaines hauteurs, à l'Ouest de la chaîne principale (Karczówka, Kadzielnia, Wietrznia) fournissent de nouvelles preuves d'une extension des glaces, supérieure à ce qu'on a cru. Elles présentent des formes arrondies, probablement moutonnées, bien que leur altitude dépasse la limite supérieure de la glaciation admise par Łoziński. Il est vrai que Łoziński a en vue la seule crête de Łysa Góra, mais sa conception conduirait à admettre, pour les montagnes sus-nommées, une faible glaciation ; ces montagnes se trouvent, en effet, à l'Ouest de la chaîne de Łysa Góra, presque sur le territoire que Łoziński regarde comme ayant été libre de glaces.

On constate, en dehors du territoire décrit, d'autres faits qui parlent en faveur de notre opinion. Siemiradzki (27, II, p. 434) dit que l'argile à blocs nordiques dépasse parfois, dans les Karpates, l'altitude de 400 m. Tietze (10, p. 478) a trouvé plusieurs fois des traces de la glaciation nordique, dans les environs de Cracovie, à une altitude supérieure à 300 m. ; le point le plus élevé se trouve, d'après cet auteur, entre Izdebnik et Lanckorona, au Sud de Cracovie, à l'altitude de 340 m. Uhlig (6, p. 553) a tracé la limite méridionale de la grande glaciation à 26 km. à l'intérieur des Karpates. Il y a trouvé des blocs nordiques jusqu'à l'altitude de 420 m.

Pendant une excursion faite avec MM. Kuźniar et Smoleński, nous avons constaté, au village de Chrosna (environs de Cracovie), à l'altitude de 350 m., la présence de graviers cristallins nordiques dans un entonnoir karstique préquaternaire.

Les Karpates, comme Chrosna d'ailleurs, sont séparées de mon territoire par une dépression qui s'abaisse à 200 m. ; or, pour franchir cette dépression et atteindre aux altitudes citées, le glacier doit avoir été beaucoup plus épais sur le plateau de la Petite Pologne que ne le croient les adhérents de l'hypothèse des nunataks. Il faut tenir compte du fait que mon territoire est situé très au Nord des Karpates ; par conséquent, le glacier a pu s'y élever à une altitude dépassant la limite admise par Łoziński.

Je veux enfin attirer l'attention sur le point que, pendant la glaciation, la région décrite pouvait être moins élevée qu'aujourd'hui.

Les botanistes se sont également rangés à l'idée des nunataks. On rencontre sur notre territoire certaines espèces végétales actuellement très rares dans l'Europe centrale. Les botanistes les considèrent comme des reliquats ayant subsisté sur ces hauteurs depuis l'ère tertiaire. Malheureusement, la majorité des reliquats ne se trouvent pas sur les régions les plus élevées ; mais, au contraire, beaucoup plus bas, là où la présence de la glace n'a jamais été mise en doute, et même dans les vallées qui ont été débarrassées des dépôts quaternaires et du gypse tertiaire après la glaciation.

Abordons à présent la question de l'âge des dépôts glaciaires. C'est un problème difficile et qui ne peut être résolu définitivement par la connaissance que nous avons aujourd'hui du Quaternaire.

Il nous manque tout d'abord le matériel paléontologique, propre à fournir les documents les plus précieux pour la chronologie. Pour le moment, la solution du problème ne peut être recherchée qu'en s'appuyant sur les relations verticales et horizontales des dépôts. Aucune coupe ne montre de série stratigraphique complète ; les séries observables sont formées d'un nombre de termes très limité. La continuité horizontale des assises quaternaires est également très difficile à établir, à cause de la dénudation postglaciaire qui les a morcelées. Pour la même raison,

on ne voit pas de formes d'accumulation glaciaire : moraines, lacs et drumlins ont été effacés par l'altération et l'érosion postérieures. En outre, les dépôts glaciaires sont parfois remaniés, ce qui rend encore plus difficile la distinction entre le gisement primitif et le gisement secondaire. Nous arrivons enfin à la difficulté de faciès : durant la glaciation du Nord de la Pologne, notre région était à la condition interglaciaire. A l'époque des moraines baltiques, elle était libre de glace et sujette au dépôt du sable et du loess interglaciaires ; les dépôts contemporains des moraines baltiques et les dépôts interglaciaires s'y présentent donc sous le même faciès. Celui-ci ne saurait suffire, dans ces conditions, à l'établissement d'une échelle chronologique à laquelle on doit, par contre, essayer de parvenir au moyen de considérations morphologiques.

Il y a deux catégories de dépôts : les argiles glaciaires morainiques et les sables glaciaires ou fluvioglaciaires. Le sable qui gît près de Machocice est considéré par Łoziński comme fluvioglaciaire, c'est-à-dire déposé par les eaux de fonte du glacier ; il aurait été formé après le maximum de la grande glaciation et serait interglaciaire. Je me range à cette opinion. Au-dessous de ce sable se trouve un limon qui renferme de petits galets de roches cristallines et de la tourbe (3). Le limon provient vraisemblablement de la désagrégation de la moraine, après quoi viennent d'immenses gisements de sable, déposés durant la période interglaciaire II-III. La grande masse des sables des montagnes de Kielce équivaut, pour l'essentiel, au sable dont il vient d'être question ; elle se compose de sable fluvioglaciaire et de sable dû à la désagrégation de la moraine. Cependant, on observe aussi des sables plus anciens. Au-dessous du sable repose parfois l'argile jaune tachetée et les graviers locaux et nordiques. Malheureusement, on ne peut pas, en cette région, considérer l'argile comme morainique, puisqu'on n'y trouve pas de graviers nordiques. Sobolev, par exemple, décrit (32) un affleurement situé à Bieliny, à l'altitude de 298 m., dans lequel il y a 6 m. de sable avec graviers et plus bas (277 m.) de l'argile jaune tachetée. Il considère cette argile comme moraine sans donner de preuves ; si le fait était exact, le sable pourrait être

interglaciaire. Il existe pourtant un autre moyen d'estimer l'âge du sable de Bieliny. A Wola Jachowa, village situé un peu plus au Nord, j'ai observé des traces de poussée, sous forme de couche plissée (42). Cet affleurement se trouve au-dessous du sable de Bieliny et des sables qui se trouvent au Nord et au Sud de Wola Jachowa. Il résulte de ces faits que les sables se sont déposés ici avant le retour de la glace ; ce sont donc des sables interglaciaires.

A certains endroits, l'argile à blocs repose sur le sable. Près de Karczówka, par exemple (37), l'argile à blocs surmonte le sable stratifié, équivalent du sable interglaciaire. Ce sable stratifié repose, à son tour, sur l'argile tachetée et supporte parfois de l'argile à blocs. Le sable inférieur montre des traces de poussée ; il est plissé. De même, le sable du bel affleurement situé près de Kadzielnia (38) présente des traces de pression. L'argile à blocs de Karczówka et les autres argiles qui reposent sur le sable stratifié interglaciaire montrent que l'hypothèse d'une glaciation unique ne suffit pas à expliquer la distribution verticale des dépôts. L'étude des dépôts glaciaires près de Tomaszów nous a déjà montré des traces de la troisième glaciation ; nous voyons maintenant que cette dernière s'est fait sentir encore plus au Sud.

Les traces les plus méridionales de la troisième glaciation ont été signalées en Silésie. Puis Krichtafovitch (15) a signalé les traces des deux glaciations (II et III) à Pulawy (Nowo-Aleksandria). Cette ville est située sous la même latitude que Tomaszów Rawski et même un peu plus au Sud. Les deux nappes morainiques de la vallée de la Vistule sont séparées par le loess. Mes observations montrent que la limite méridionale de la troisième glaciation passait par le Plateau de la Petite Pologne ; elles comblent en même temps la lacune qui restait entre les deux points précités, si éloignés l'un de l'autre. Les sables du synclinal de Tomaszów Rawski seraient donc interglaciaires et les argiles qu'on a trouvées sur ces sables sont les traces de la troisième glaciation. Ces dernières ont été signalées également à Ludwinów, près de Cracovie, où Kuźniar (24) a trouvé, entre deux moraines une flore interglaciaire. Cracovie est située au Sud de mon ter-

ritoire. J'ai trouvé aussi l'argile morainique supérieure à Zdziesławice, à l'extrémité méridionale de mon territoire (134).

Ces quelques traces ne me permettent pas de préciser la limite méridionale de la glace, ni l'importance de l'avancée (glaciation ou oscillation). Toutefois, on voit que l'histoire glaciologique de ce pays s'enrichit de nouvelles complications.

★

Dans le grand synclinal jurassique, comme sur tout le territoire d'ailleurs, l'argile à blocs ne se rencontre que rarement. C'est seulement près de la rivière Wschodnia, aux environs de Busk et au Sud des montagnes de Kielce qu'elle occupe un territoire relativement grand. Son épaisseur y atteint parfois 10 m., mais en général elle est beaucoup moindre. Cette argile est sableuse et de couleur jaunâtre ; elle renferme un grand nombre de blocs erratiques de grandeurs différentes. Les blocs sont de quartzite paléozoïque, de grès triasique et de granites scandinaves. Ces derniers peuvent atteindre 1 m. de diamètre.

Au delà de cette contrée, l'argile ne se présente qu'en affleurements disjoints et assez rares. Michalski (7) a confondu parfois les argiles miocènes avec les argiles quaternaires ; ces dernières du reste sont plus rares. L'argile à blocs est visible nettement près de Słomniki (99), l'argile tachetée à Goszyce (126), à Zdziesławice (134) et à Czajowice à l'altitude de 400 m. (149). L'étude du matériel de l'argile tachetée montre qu'il est originaire des montagnes de Kielce. Il en est de même, dans cette région, des argiles à blocs paléozoïques (quartzite silurien, calcaire dévonien) et mésozoïques (grès bigarré). A Zdziesławice, l'argile repose sur le sable fluvioglaciaire et, de ce fait, elle équivaut à l'argile supérieure.

Les traces les plus élevées de la glaciation se trouvent dans les environs d'Ojców (149) et nous avons le droit de croire que toute la région a été recouverte par le glacier qui a déposé les argiles morainiques. Les moraines ont été très dénudées et altérées pendant la période postglaciaire ; elles n'existent plus actuellement

qu'en restes très amoindris. L'argile à blocs ne se trouve qu'aux niveaux inférieurs. Sur les collines préquaternaires mises en saillie, on voit partout, au sommet de la couverture quaternaire, reposer les graviers granitiques, avec blocs assez grands (55). Cela montre que la moraine était autrefois plus développée. Dans les contrées basses, on voit aussi, sous le sable, des blocs de granite, que leur forme et leur grandeur (96) permettent de rattacher à d'anciennes moraines.

En plusieurs points, à la base du quaternaire et sur les roches en place, se trouvent des conglomérats. Ils sont composés de matériaux erratiques et locaux dus à l'action des cours d'eau fluvioglaciaires sur les dépôts morainiques.

Les sables couvrent de vastes étendues. A l'exception du flanc occidental du synclinal jurassique (environs de Miechów), où prédomine le loess, le sable est partout le dépôt quaternaire dominant. Dans la contrée située sur la rive gauche de la Nida il remplit toutes les dépressions de la surface préquaternaire ; sur la rive droite, dans les bassins de la Szreniawa, de la Dłubnia, du Prądnik, le sable, recouvert par le loess, est remarquablement rare en surface. Plus à l'Ouest, déjà sur le Trias, il domine de nouveau. Il constitue alors la surface du territoire ; sa texture est plutôt grossière, avec éléments quartzitiques ; il alterne avec des graviers. Il est parfois blanc, sans graviers. Les graviers, quand ils existent, sont de granite scandinave, de quartzite paléozoïque et autre matériel local. Dans le sable qui occupe les environs d'Olkusz, on trouve, outre les graviers nordiques, des silex, des galets et des fossiles jurassiques. L'épaisseur des gisements de sable est très variable et dépend des accidents de la surface préquaternaire : au point où la roche en place se tient plus bas, l'épaisseur du sable augmente ; elle diminue, par contre, quand la roche en place se relève ; elle se réduit, enfin, à un minimum au sommet des collines.

L'âge de ce sable est principalement interglaciaire ; en certains endroits, d'ailleurs, on trouve des sables préglaciaires et postglaciaires. A Chotelek Zielony, par exemple (55), nous avons du sable fluvioglaciaire stratifié, reposant sur des restes de moraine. La présence de blocs, les transitions graduelles à l'argile mon-

trent que ce sable provient d'une moraine désagrégée. Le transport des dépôts glaciaires des altitudes supérieures aux altitudes inférieures se produit sans arrêt et les gisements les plus bas doivent être considérés comme secondaires. Très souvent le sable porte des traces de remaniement éolien ; près de Raków et surtout près d'Olkusz, ce phénomène dure encore. A quelques kilomètres au Nord d'Olkusz se trouve une étendue sableuse de 8 km. de longueur et de 4 km. de largeur, absolument nue et sans aucune végétation. C'est le « Sahara polonais » ou « désert » de Błędów déjà mentionné. Sa surface est recouverte de nombreux cailloux à facettes et les dunes qui s'y forment recouvrent les arbres de la forêt voisine. On y observe parfois des mirages.

On ne peut songer à délimiter sur la carte ces divers faciès du sable ; la superposition verticale leur donnerait, sur les versants, l'allure de bandes très étroites, impossibles à figurer.

J'ai dit que dans la région située sur la rive droite de la Nida, dans les bassins de la Szreniawa, de la Dłubnia et du Prądnik, le sable est très rare. Or le loess s'étend comme une grande nappe sur les dépôts fluvioglaciaires, qui sont épais de 10 à 15 m. environ. Ces dépôts sont des sables très caractéristiques ; ils diffèrent de tous les autres sables que je connais en Pologne. Les grands blocs de *rapakiwi* qui se trouvent à la base du sable, au contact de la marne crétacée, montrent qu'il s'agit de restes de la moraine de fond. Le sable fluvioglaciaire est très fin, blanc, stratifié, avec des galets bien ovales de marne crétacée, parmi lesquels on rencontre des silex et des *Bélemnites*. On trouve plus rarement des grès et des granites en galets ; les granites sont très désagrégés. J'ai signalé, déjà en 1911, la présence de ces sables caractéristiques (30), mais c'est seulement en 1913 que j'ai reconnu leur origine. A Korzkiew (146) et à Szklana (118-120), j'ai constaté la présence de grès tendre cénomanien et de conglomérats à galets de quartz noir et blanc qui ont fourni les matériaux du sable, tandis que la marne a fourni ceux des galets.

Les plus vastes gisements de sable stratifié (10 m. d'épaisseur environ) remplissent la vallée préquaternaire de la Szreniawa. Ailleurs, ils sont moins importants et ne présentent pas la même stratification régulière. Là, la série débute par une couche épaisse

à gros galets de marne ; les graviers paléozoïques des montagnes de Kielce s'y rencontrent occasionnellement et les graviers cristallins nordiques sont très rares. Plus haut, le calibre des galets diminue et on passe à des sables stratifiés à galets de granite, de roches des montagnes de Kielce et surtout de matériaux locaux crétacés. A Niedźwiedź (110) et à Kacice (96) j'ai également trouvé, dans les mêmes gisements, des galets de Flysch karpatique. Les couches supérieures du sable ne renferment pas beaucoup de galets ; elles sont même à grain très fin. La surface du sable est recouverte d'un limon verdâtre, qui remplit également des poches creusées dans ce sable. L'épaisseur du limon est considérable (jusqu'à 2 m.). Parfois la surface du sable est recouverte d'un sol fossile (110). Il en résulte que les dépôts flavioglaciaires de cette région, grâce à une forte participation du matériel local, se distinguent par leur faciès caractéristique.

L'aspect des galets et la stratification entrecroisée montrent que les rivières ont eu, au début, une grande vitesse, qui a diminué graduellement pendant le dépôt du limon. Les différences de niveau de la surface du sable et les poches qui y sont creusées font voir que ce dépôt a été érodé ; le sol fossile montre qu'une période humide, avec tapis végétal, a précédé l'accumulation du loess. Enfin, il est remarquable que ces dépôts se prolongent dans la direction d'une ancienne vallée préquaternaire également utilisée par les cours d'eau interglaciaires.

3. Le matériel mixte.

Par *matériel mixte* (Mischschotter) on entend ici les mélanges de graviers cristallins nordiques et de graviers karpatiques. On a considéré ce matériel comme un faciès des dépôts glaciaires limité au pied septentrional des Karpates, mais plus tard Kuzniar et Smoleński (39) l'ont retrouvé assez loin de ces montagnes, en Silésie et près de Cracovie ; ils ont donc donné une autre interprétation de ce phénomène. Mes recherches ont permis

la constatation du matériel mixte encore plus loin vers le Nord, sur le plateau de la Petite Pologne.

Les graviers qui surmontent les dépôts fluvioglaciaires décrits plus haut ont un tout autre aspect. J'ai trouvé, à l'altitude de 250 à 340 m., au-dessous du loess, des argiles sableuses avec graviers mixtes. Les galets de Flysch gréseux karpatique ont une forme ellipsoïdale, bien polie; cela est vrai, également, des galets de matériel local qu'on trouve au même lieu. Au contraire, les granites septentrionaux sont de petits cailloux, fragiles et très usés.

Les graviers mixtes reposent sur une haute terrasse (285 m.) de la Dłubnia à Zdziśławice (134), à Wicławice (136) et même sur la ligne de partage entre la rivière Dłubnia et le Prądnik, à l'altitude de 340 m. (145), c'est-à-dire à 140 m. au-dessus de la vallée de la Vistule qui sépare le plateau de la Petite Pologne des Karpates (Voir la fig. 4, p. 54). Je les ai trouvés, plus rarement, parmi les dépôts fluvioglaciaires décrits plus haut (Kacice, 96, Niedźwiedz, 110). Il existe enfin, près de Śmiałowice (117) un très important gisement de ce matériel.

Ces faits ne s'accordent pas avec l'interprétation du matériel mixte donnée par Łoziński dans ses études sur les phénomènes glaciaires près du pied septentrional des Karpates (22, p. 3). Łoziński distingue d'abord les graviers mixtes, qui se retrouvent constamment sur le bord septentrional des Karpates et sont des dépôts marginaux de la glaciation nordique; il mentionne ensuite les argiles à blocs morainiques, développées plus au Nord. Il se représente qu'au cours de son avancée, le glacier nordique a remanié des alluvions karpatiques préquaternaires en y mélangeant ses moraines de fond. Les graviers mixtes ainsi formés auraient été eux-mêmes remaniés par des cours d'eau et retransportés à de faibles distances, tout le phénomène conservant un caractère local, sans modifier la distribution générale du matériel nordique.

Or, nous voyons que le transport du matériel mixte s'effectue sur une assez grande distance des Karpates au plateau de la Petite Pologne. Du reste le matériel mixte décrit ne représente pas un faciès marginal de la glaciation nordique, qui se serait constitué par le mélange d'alluvions préquaternaires et de moraine de

fond : l'aspect et la distribution des graviers karpatiques contredisent cette opinion. Le matériel mixte décrit par Łoziński se compose : 1^o de graviers nordiques un peu aplatis, « irréguliers, avec arêtes plus ou moins arrondies » ; 2^o de graviers karpatiques « locaux, qui se présentent comme des fragments anguleux et ne s'arrondissant que sur les arêtes. En même temps ils n'atteignent pas la grandeur des graviers scandinaves. »

Sur notre territoire, c'est le contraire qui a lieu. Le matériel karpatique est bien aplati et porte la trace du chemin parcouru depuis les Karpates. Le matériel nordique est, en général, plus diminué que le matériel karpatique ; il est bien arrondi et fragile, ce qui confirme l'idée d'un retour du Sud au Nord. Il est évident que le matériel mixte observé par Łoziński au pied des Karpates a dû avoir l'aspect qu'il lui a vu. Ce matériel se compose, en réalité, de graviers karpatiques et cristallins nordiques apportés par des rivières conséquentes qui coulaient des Karpates, vers le Nord, jusque sur le plateau de la Petite Pologne. Il est même possible que la vallée de la Dłubnia accentue la direction d'une de ces anciennes vallées, et que les graviers mixtes rencontrés par moi sur les terrasses de cette vallée aient été déposés par les cours d'eau karpatiques qui jadis coulaient par là. Cela s'est produit après la plus grande glaciation et avant l'accumulation du lœss ; ce dernier repose partout, en effet, sur les graviers mixtes. L'affleurement de Zdzielsławice (134) permet de supposer que cela a eu lieu durant la période interglaciaire II-III, car l'argile morainique repose à cet endroit sur les graviers mixtes. Les granites nordiques ont été charriés par le glacier jusqu'au pied des Karpates ; ensuite ils ont été reportés vers le Nord par les cours d'eau. Mais le plateau de la Petite Pologne est séparé des Karpates par une grande vallée, et cela pose un nouveau problème. De quelle manière les graviers mixtes ont-ils été apportés sur ce plateau, à 140 m. au-dessus de la dépression qui s'aligne entre les Karpates et notre territoire ? On peut expliquer ce phénomène par deux hypothèses qui d'ailleurs, ne s'excluent pas :

1^o L'érosion de la vallée de la Vistule qui aurait divisé le matériel mixte, en une région Nord et une région Sud ;

2° un affaissement récent de l'avant-fosse karpatique serait intervenu dans la région de la Vistule.

L'hypothèse d'un mouvement épirogénique ne doit pas être rejetée *a priori*; les Karpates ont subi des mouvements très récents. Suivant M. Limanowski, le bombement des Tatra n'existerait que depuis le Pliocène supérieur, ou même depuis le début du Quaternaire (36, p. 70; 42).

Notre pays pourrait donc bien, à une époque encore récente, avoir subi un gauchissement déterminé, peut-être, par une avancée des Karpates. La présence des méandres encaissés de la Dłubnia vient à l'appui de cette hypothèse. Toutefois, la question de l'âge de la vallée de la Vistule ne saurait être résolue dans les limites de notre territoire; la solution de ce problème occupe les géologues de Cracovie, MM. W. Kuźniar et J. Smoleński.

4. Le lœss.

La moitié septentrionale du plateau est libre de lœss; on ne le rencontre que dans la partie méridionale. Le lœss occupe une vaste étendue au SE des montagnes de Kielce et pénètre dans leurs vallées orientales. Dans le cœur des montagnes, le lœss ne forme que des flots plus ou moins étendus. Parfois, il forme une nappe d'épaisseur considérable, par exemple à Słowik et à Cisów; ailleurs, une mince couverture seulement. Il occupe les lieux les plus élevés au point de vue stratigraphique et topographique; on le trouve même sur la crête de Łysa Góra (8). C'est près de Stopnica que le lœss occupe la plus grande étendue. Il recouvre le sommet et les versants d'une ancienne colline préquaternaire, de telle sorte que son épaisseur, sur le versant méridional, atteint 30 m., tandis qu'au sommet elle dépasse de peu un mètre. En certains endroits, il est mélangé de sable auquel il passe. A part cela, le lœss forme des flots, comme il en existe près de Pińczów, d'Olkusz, etc. Cette distribution horizontale et verticale du lœss montre qu'il était beaucoup plus

développé jadis ; durant le Quaternaire récent, il a été déblayé avec les dépôts glaciaires qu'il recouvre.

La partie Sud-Ouest du territoire a conservé la couverture de lœss ; j'ai pu, par suite, l'y étudier avec plus de détail et distinguer pour la première fois ses différents faciès. Le lœss occupe ici une grande surface et atteint une épaisseur considérable ; il recouvre, à une altitude presque uniforme, tous les dépôts quaternaires plus anciens ainsi que les dépôts mésozoïques. L'érosion a creusé plusieurs profonds ravins du type habituel des régions lœssiques. Les nombreux affleurements que j'ai observés montrent, outre le lœss typique, d'autres variétés de ce dépôt.

Le *lœss typique* occupe toujours le niveau stratigraphique et topographique le plus élevé ; son habitus démontre nettement sa provenance éolienne. C'est un agrégat jaunâtre, renfermant les concrétions dites poupées du lœss, ainsi que des concrétions concentriques verticales (147) et parfois aussi des Mollusques fossiles, *Pupa muscorum*, *Succinea oblonga*, *Helix hispida*. De nombreux ravins, profonds et à versants abrupts, sont très caractéristiques. Cette variété est la plus répandue ; on l'appelle le *lœss subaérial typique*.

Plus rarement, le lœss contient des cailloux rares et disséminés (105). Ce sont des petits fragments de Crétacé et de roches cristallines erratiques englobées au moment de l'accumulation. Ce phénomène s'est produit facilement sur les versants raides, c'est pourquoi Krischtafovitch (18), dans sa classification du lœss, désigne ce type sous le nom de *lœss subaérial-montagneux* ou lœss des versants abrupts. Une autre variété est le *lœss stratifié*. Il se trouve au-dessous du lœss éolien ; c'est un lœss remanié par les eaux courantes. L'affleurement des environs de Slomniki montre la marche de ce phénomène (104, 105). A la surface du lœss, déjà un peu altérée par les agents atmosphériques, l'eau a déposé une couche de galets d'une épaisseur de 20 cm. Au-dessus, le lœss a commencé à s'accumuler et, l'humidité aidant, la végétation a pu se développer. Nous en avons le témoignage sous forme d'une couche à humus. Plus tard, l'eau a redéposé le matériel en couches, après quoi l'accumulation

éolienne proprement dite a prédominé à nouveau. On peut appeler cette variété le *læss alluvial*.

On trouve aussi du læss stratifié sans intercalation d'humus ou de galets, analogue au læss connu en Europe occidentale sous le nom de *Tallæss* ou de *Sandlæss*. A ce genre appartiennent aussi les conglomérats læssiques à cailloux de marne crétacée; ils sont situés entre marne et læss. Un certain type de stratification a pu se former sans l'intervention du ruissellement. A Gniazdowice (113-114), par exemple, le læss inférieur est en couches minces séparées par de fines bandes d'humus et par des lits de læss rubéfié. Les bandes humiques témoignent d'un tapis de plantes qui ont lutté jusqu'à la victoire de l'accumulation. En tout cas, ce phénomène s'est produit dans une dépression où les plantes trouvaient de l'humidité. Ce type appartient, suivant la nomenclature précitée, au *læss intersubaérial*, ou læss de dépressions. A Gniazdowice il ne renferme que de très minces lits de sol fossile, mais près de Dalewice et Ewinów, ce sol dépasse 2 m. d'épaisseur; c'est un *tchernoziom* qui passe graduellement au læss.

Les divers faciès du læss peuvent être groupés, stratigraphiquement, en deux niveaux. L'étage supérieur, plus récent, est composé de læss éolien typique, subaérial, intersubaérial ou subaérial montagneux; dans l'étage inférieur se trouve le læss alluvial. Toutes les fois que les deux niveaux sont observables sur la même coupe, ce dernier læss se trouve sous le læss éolien. Dans les deux cas, il est formé du même matériel. Au niveau supérieur, l'accumulation par le vent s'est effectuée à la place même où nous voyons ce dépôt. Suivant les agents physiques et géographiques qui dominaient en chaque lieu, le matériel éolien s'est constitué tantôt en une nappe uniforme, comme c'est le cas dans les régions les plus élevées, tantôt en assises à matériel humique, quand il s'est abattu dans des dépressions dont il a recouvert le tapis végétal. Ce phénomène s'est prolongé jusqu'au comblement des dépressions.

On conçoit que le læss inférieur s'est formé, d'une part, par la chute directe des poussières éoliennes dans l'eau, qui a déposé ce matériel en gisements stratifiés; de l'autre, par le remaniement d'un læss typique préexistant, avec étalement en couches

par l'action des eaux de ruissellement et autres eaux courantes. Il est probable que le lœss alluvial est dû au travail de ces deux agents ; mais, malgré le rôle prédominant de l'un d'eux, nous pouvons constater qu'entre l'accumulation du lœss supérieur et celle du lœss inférieur, il y a eu une période à climat plus humide. Cela revient à dire que notre lœss fournit le témoignage de deux époques séparées et distinctes au point de vue climatique.

5. La morphologie.

La surface préquaternaire de notre territoire a été fortement érodée avant l'arrivée des glaces. Les montagnes de Kielce représentent une ancienne terre ferme. La partie septentrionale du synclinal jurassique émerge depuis la fin du Mésozoïque ; seule la partie méridionale du bassin a été réoccupée un certain temps par l'ingression néogène. D'ailleurs les dépôts néogènes eux-mêmes sont fortement érodés.

Si nous pouvions dépouiller le territoire de sa couverture quaternaire, il nous offrirait une topographie analogue dans les lignes générales au relief actuel, mais plus accentuée. On arrive ainsi à la surface préquaternaire, dont les saillies et les dépressions correspondent à toutes les grandes formes actuelles. Les montagnes de Kielce se présentaient comme une chaîne plus

Hachures verticales : Cambrien et Silurien plissés du massif de Kielce-Sandomierz. *Pointillé* : Dévonien plissé de la même région. *Noir plein* : Carbonifère du massif de Silésie. *Blanc* : Enveloppes triasiques, jurassiques et crétacées des massifs précités. *Traits discontinus* : Courbes de niveau approximatives de la surface structurale de ce Mésozoïque. Ces courbes donnent les traits généraux de la conformation des assises, sans qu'on se soit astreint à une équidistance déterminée. *Hachures horizontales* : Golfe néogène de la Nida. *Hachures horizontales avec points intercalés* : Avant-fosse néogène des Karpates. *Hachures obliques* : Nappes charriées des Karpates. *Trait dentelé* : Bord des recouvrements karpatiques.

Abréviations : G, Cracovie. J, Jędrzejów. K, Kielce. Ł, Łódź. N, R, Nowo-Radomsk. P, Piotrków. Pi, Pińczów. R, Radom. S, Sandomierz. Ta, Tarnów. T, R, Tomaszów Rawski.

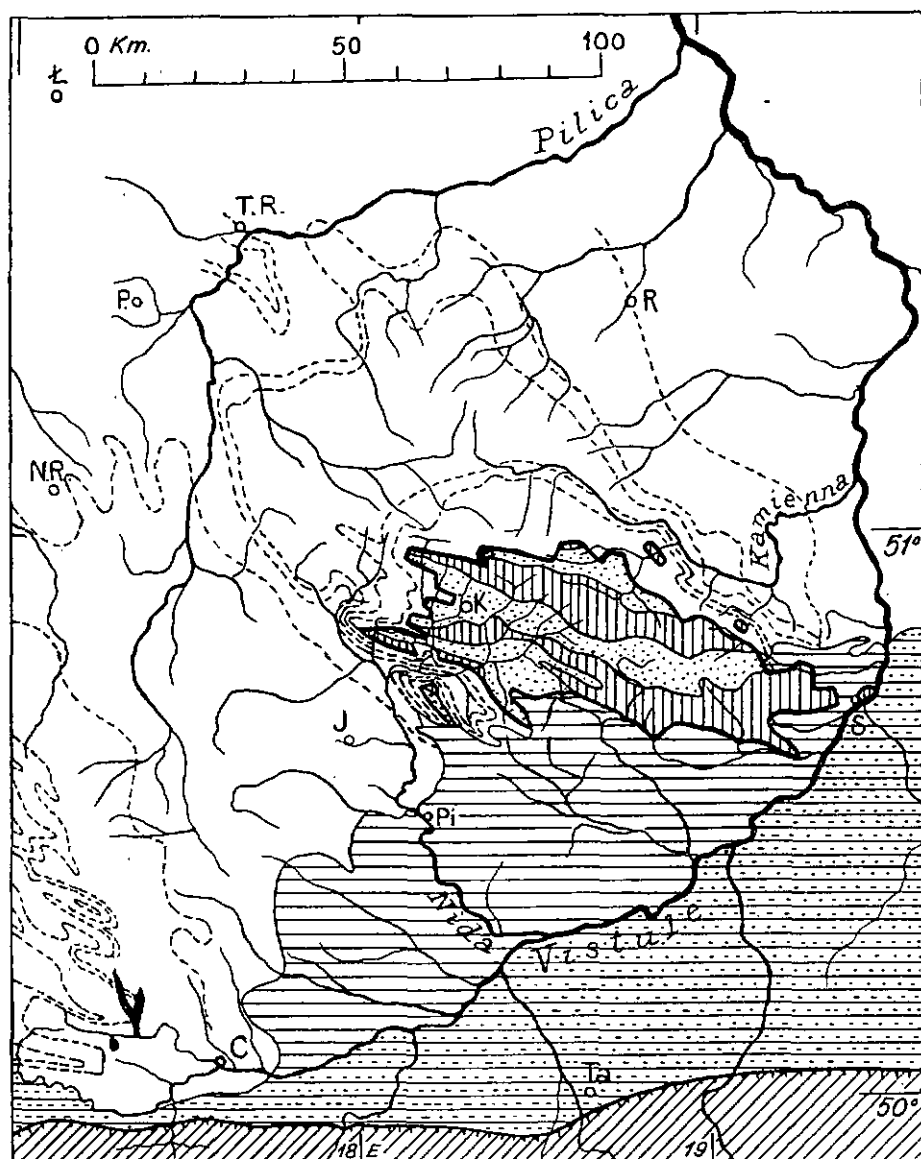


FIG. 5. — ESQUISSE MONTRANT L'ADAPTATION DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE À LA TECTONIQUE DANS LES MONTAGNES DE KIELCE ET DANS LEURS ENVELOPPES MÉSOZOÏQUES.

longue et plus haute. Plus longue parce que les contre-forts NW et SE du massif, moins saillants que les crêtes centrales, sont actuellement masqués par la nappe quaternaire ; plus haute, parce que le remblayage des dépressions par les dépôts quaternaires a diminué l'importance des dénivellations préexistantes.

Les montagnes de Kielce ont une topographie appalachienne ; l'ancienne pénéplaine est représentée par les crêtes dures, aujourd'hui mises en saillie ; un premier rajeunissement, dû à un abaissement du niveau de base, a déterminé, vers l'altitude de 360 m., une suite de terrasses, à mi-hauteur des crêtes les plus élevées (Łysa Góra, Dyminy) ; dans un cycle suivant, l'enlèvement des parties tendres s'est poursuivi jusqu'à la topographie préglaciaire, en augmentant la saillie relative des crêtes. *Dans ces grandes lignes, le réseau hydrographique présente une disposition étoilée* qui est l'héritage, par épigénie, des rivières conséquentes et divergentes qui coulaient jadis sur la couverture sédimentaire du horst, conformée en dôme allongé ; quelques traits subséquents et moins anciens sont venus s'ajouter à ce dispositif, vers la périphérie du massif. La fig. 5 donne une idée de cette disposition étoilée et de ses rapports avec la couverture sédimentaire. Quand celle-ci a été déblayée, les plis paléozoïques ont été rattrapés par l'érosion et les rivières ont dû s'adapter en partie à leur tracé. Les noyaux anticlinaux sont faits de schistes siluriens, argileux et tendres ; quand les calcaires dévonien ont été dénudés, l'érosion s'est rapidement propagée dans ces schistes et y a pratiqué des boutonnières de plus en plus élargies ; c'est ce qu'on peut voir, par exemple, entre Chęciny et Szczukowskie górki, où deux vallées anticlinales sont séparées par un synclinal perché. Les crêtes les plus hautes sont en même temps les plus étendues (Łysa Góra, Dyminy) ; elles sont formées de quartzite. Le soulèvement du massif, auquel sont dus les phénomènes de rajeunissement, a également déterminé le développement de vallées antécédentes. La disposition étoilée des grands traits du réseau, bien visible en l'état actuel, est encore plus évidente quand on se figure la couverture quaternaire enlevée. Elle est aisée à reconnaître, malgré les complications ultérieures qui sont intervenues dans le détail : disjonction des anciens troncs consé-

quents par des captures ; plus tard, obturation de certaines vallées par les dépôts quaternaires. Dans son état actuel, le massif de Kielce comprend deux éléments : un noyau paléozoïque allongé de l'WNW à l'ESE et une ceinture triaso-jurassique.

L'adaptation des vallées épigéniques aux plissements anciens s'est faite de bien des manières différentes dans le détail. Comme on le voit dans la figure, les vallées traversent les crêtes anticlinales et synclinales en des cluses tantôt normales, tantôt obliques aux plis. Au Quaternaire, l'étalement des dépôts glaciaires et fluvioglaciaires a entraîné de nombreuses modifications locales du drainage, sur lesquelles nous allons revenir.

Examinons maintenant quelques exemples concrets¹. La route de Kielce à Chęciny utilise un alignement de cluses normales aux plis. Il en est de même sur la route de Kielce à Suchedniów et le long du chemin de fer entre Kielce et la gare de Chęciny. Ce segment est occupé également par la rivière Bobrza. Des alignements de cluses obliques aux plis longent les routes de Kielce à Pińczów, de Kielce à Końskie et de Daleszyce à Chmielnik. Des enfilades de dépressions héritées d'anciennes vallées conséquentes servent aux routes de Kielce à Łagów, de Daleszyce à Raków, de Kielce à Przedbórz, de Zagnańsk à Bodzentyn, etc. Parmi les alignements de cluses encore utilisés aujourd'hui par des rivières, on peut citer : la Łośnia, la Hutka, la Bobrza, la Lubrzanka, la Belnianka, la Pierzchnianka, la Łukówka, la Łagowica, la Pokrzywianka, les affluents droits de la Kamienna, les affluents droits de la Pilica (les cours supérieurs de la Radomka, de la Drzewica, de la Czarna). Outre les vallées antécédentes, des vallées subséquentes se sont développées. La plus importante est celle de la Kamienna, le long du bord Nord-Est du massif. Au Nord de la crête principale se trouvent également les vallées subséquentes de la Psarka supérieure, de la Lubrzanka supérieure, de la Małchocka et de la Pokrzywianka supérieure. Au Sud de cette crête s'allonge la grande vallée de Kielce, avec les segments subséquents de la Lubrzanka, de la Belnianka et de la Koprzy-

¹ Cette description peut être commodément suivie sur la carte géologique de Siemiradzki (9. 11) ; les faits principaux sont du reste parfaitement visibles, pour un œil exercé, sur la carte géologique internationale de l'Europe (feuille 25).

wianka supérieure. Au Sud de la crête de Dyminy, le long d'une ancienne vallée subséquente, coulent aujourd'hui des segments de la Behnianka et de la Czarna Woda.

Les combes de la marge mésozoïque Sud-Ouest sont occupées par la Czarna Nida, de Morawica à Tokarnia ; par la Hutka inférieure, la Jasienka et la Morawka à l'exception du segment



FIG. 11. — LA CLUSE DE LA LEHRZANKA, VUE DU SUD.

Topographie appalachienne. Phot. de l'auteur.

moyen de ce dernier cours d'eau. Au delà de l'embouchure de la Jasienka, une vallée morte s'allonge dans la même direction, c'est-à-dire vers l'ESS ; elle passe au Sud de Brzeziny. C'est ainsi que se marque l'adaptation du réseau hydrographique à la tectonique.

Avant la glaciation, les montagnes de Kielce formaient un lacs de crêtes coupées de cluses nombreuses. Il arrive parfois que des cluses traversent une série de crêtes appalachiennes ainsi que les dépressions intermédiaires ; elles sont naturellement

plus profondes au passage des crêtes qu'à la traversée des dépressions. Les différences absolues de niveau de la surface pré-quadernaire sont plus grandes ici que dans les autres contrées de notre territoire ; mais tous les versants des vallées sont doux.

Le plateau néogène, à son bord septentrional, s'élève jusqu'à 288 m. et atteignait, probablement, en tenant compte de la marge périphérique détruite par l'érosion, l'altitude de 300 m. D'autre part, le fond des vallées préquadernaires, dans le Paléozoïque des montagnes de Kielce, se tient autour de 230 m. ; on doit donc admettre qu'à mesure de la régression néogène, les troncs conséquents s'allongeaient sur la plaine côtière émergée, de même qu'ils gagnaient peu à peu, par érosion régressive, vers le haut pays ; par suite, la moindre altitude des vallées au cœur des montagnes est imputable à l'érosion survenue depuis le retrait de la mer. On doit supposer qu'après l'époque du Sarmatien, le plateau de la Petite Pologne a éprouvé un mouvement épirogénique. Les traces de ce soulèvement sont visibles dans les montagnes de Kielce, où des cluses peu profondes, mais à versants abrupts, se sont formées par le travers de vallées longitudinales, subséquentes et plus anciennes.

Avant la glaciation, le paysage était au stade de maturité avancée ; de plus, certains encaissements, surtout dans les terrains tertiaires des environs de Miechów, témoignent de formes rajeunies, attribuables à un second cycle préglaciaire.

Le réseau hydrographique actuel des montagnes de Kielce est en contraste frappant avec la topographie. Les grandes vallées longitudinales jouent un rôle peu important comme voies d'écoulement ; par là, elles s'éloignent des conditions normales. Dans les vallées longitudinales ne coulent que des tronçons de rivières ou d'affluents peu importants ; les rivières principales choisissent la direction perpendiculaire aux chaînes de montagnes ; au lieu de couler en accord avec la direction tectonique dans des vallées longitudinales, elles recoupent les chaînes en formant de nombreuses cluses antécédentes. Il arrive ainsi que des rivières prennent leur source d'un certain côté d'une chaîne, tandis que la plus grande partie de leur cours se trouve de l'autre côté. Grâce à cette circonstance, beaucoup de rivières du terrain paléo-

zoïque, se décomposent en tronçons qui manifestent deux directions perpendiculaires, NW-SE et SW-NE. Aujourd'hui les vallées transversales jouent seules un rôle hydrographique important, quoique leurs thalwegs soient régularisés ($1,5 \text{ ‰} - 2 \text{ ‰}$) et quoique les rivières y coulent paresseusement en formant des étangs et des marais.

Bien que la direction des rivières ne dépende pas de la direction des chaînes, elle se rattache pourtant, d'une façon générale, à l'abaissement des altitudes moyennes du territoire et des sommets. Si nous nous imaginions la surface des montagnes rétablie de sorte que les vallées soient comblées jusqu'aux sommets, la direction des troncs serait à peu près la même qu'aujourd'hui.

La chaîne centrale est la ligne de partage entre les affluents de la Vistule qui se jettent dans cette rivière en amont de Sandomierz et ceux qui s'y jettent en aval. Mais elle ne passe pas toujours par les points les plus élevés. Elle commence sur le côté Nord-Est des montagnes, se prolonge par la crête de Klonów, traverse ensuite une vallée longitudinale près de Wzorki et monte sur la chaîne de Łysa Góra (Sainte-Croix) pour redescendre, à l'extrémité orientale de la chaîne, sur son revers méridional.

Le réseau hydrographique présente une certaine disposition synétrique. Au côté Nord-Est des montagnes se trouve un nœud hydrographique ; au revers Sud-Ouest existe un second nœud. A partir du nœud de Suchedniów, la Bobrzyca coule vers le Sud, à travers la chaîne de Łysa Góra ; du nœud de Łagów, au Nord de la même chaîne, descend la Słupianka. Au Nord de la chaîne coule une rivière plus importante, la Kamienna ; au Sud passe la Czarna Nida. Au Sud coulent, parallèlement à la chaîne principale, la Koprzywianka et l'Opatówka, au Nord, la Czarna et la Drzewica.

Le nœud hydrographique de Suchedniów se trouve à l'altitude de 391 m., dans les forêts situées entre Suchedniów et Samsonów. Les ruisseaux qui y naissent coulent vers l'Est et se jettent dans la Kamienna, vers l'Ouest dans la Czarna et vers le Sud dans la Czarna Nida par l'intermédiaire de la Bobrzyca. La Krasna, affluent de la Czarna, et la Żeleźnianka, affluent de

la Kamienna, commencent à l'altitude de 366 m.; leurs sources sont distantes de 1700 m. et la ligne de partage n'a que 13 m. de dénivellation. L'autre source de la Krasna, à 350 m. d'altitude, forme un ruisseau qui coule vers le Sud-Ouest. Sur une longueur de 420 m. environ, parallèlement à sa direction, mais en sens inverse (vers le Nord-Est) coule un affluent de la Kamienna, le Łosieniec. Il prend sa source à 12 m. plus haut (362 m. d'altitude) dans le même marécage que le ruisseau précédent. Entre les sources de la Żeleźnianka (366 m.) et de la Bobrzyca (379 m.), le point le plus élevé se trouve à l'altitude de 388 m. et la distance est de 1330 m. Une autre source de la Bobrzyca s'approche à 1170 m. de la Krasna. Les sources des deux ruisseaux sont à 366 m. d'altitude; elles sont séparées par un seuil haut de 22 m.

Le second nœud hydrographique se trouve entre Słupia et Łagów. Les sources de la Słupianka sont situées à l'altitude de 345 m. et s'approchent, à l'Ouest, des sources de la Belnianka; au Sud, de la Łagowica (336 m.); à l'Est, des affluents de ce dernier cours d'eau. La Słupianka emprunte ensuite une vallée transversale du côté septentrional de la chaîne.

La description des nœuds hydrographiques montre que la lutte pour la ligne de partage entre la Nida et la Kamienna tourne au profit de ce dernier cours d'eau, qui capture les affluents de la Belnianka. La Nida et la Czarna en usent de même avec la Pokrzywianka, affluent de la Kamienna. La bifurcation du nœud de Suchedniów montre que le réseau hydrographique est encore instable.

A la cluse antécédente de Machocice, un des affluents de la Kamienna a été décapité par la Nida; c'est une des plus belles captures de la région. Après la glaciation, la Lubrzanka (aujourd'hui cours supérieur de la Czarna Nida) coulait dans une vallée longitudinale parallèlement à la chaîne de Sainte-Croix jusqu'à Wzorki et plus loin encore dans la même direction (aujourd'hui la Pokrzywianka). L'ancienne cluse a été comblée jusqu'à une certaine altitude par les dépôts quaternaires. De son revers méridional descendait un cours d'eau; c'était la Czarna Nida qui, par érosion régressive, a aisément remis à jour la

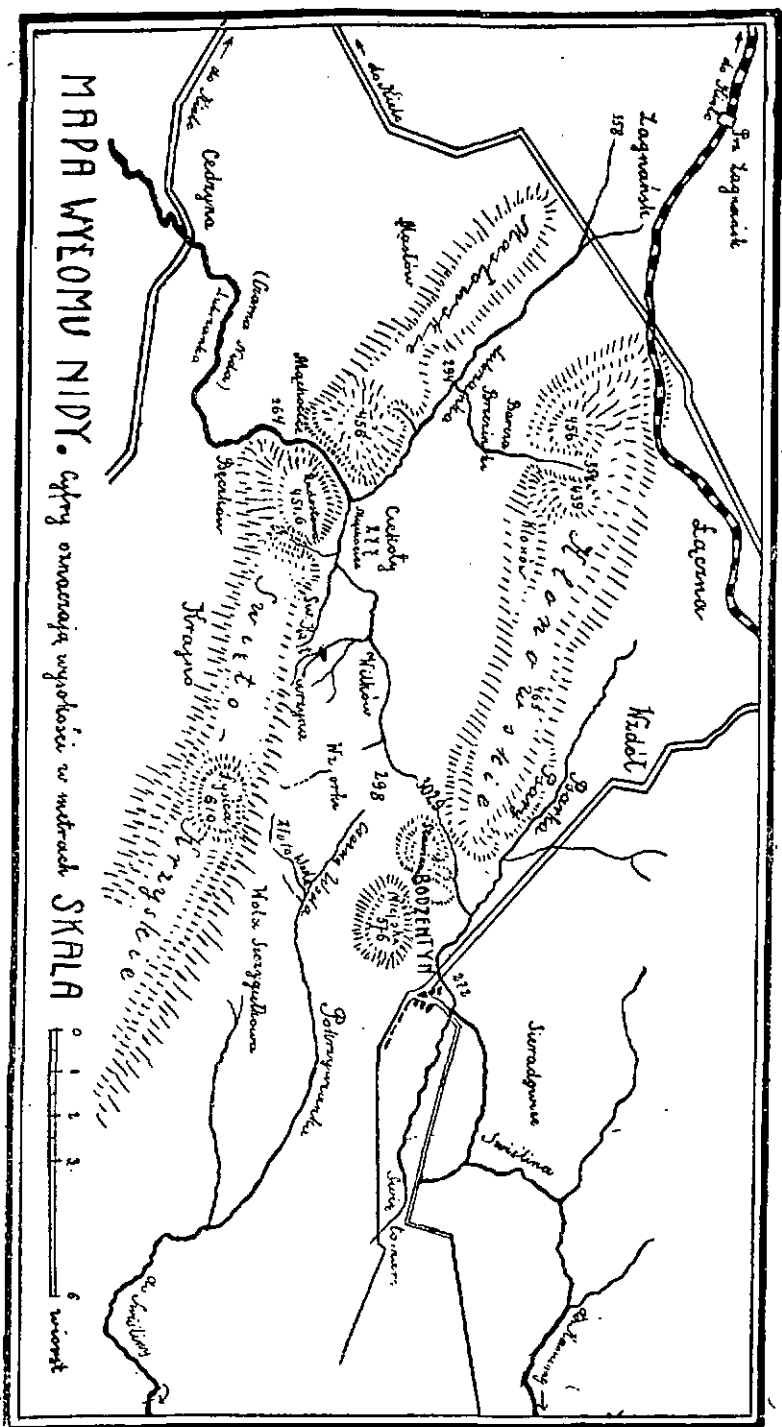


FIG. 7. — CARTE DE LA CROISE DE LA TURBANKA.
Echelle 1 : 150 000, altitudes en mètres.

cluse en déblayant le matériel tendre. La capture de la Lubrzanka est due au recul des sources vers le côté Nord de la chaîne. La Lubrzanka s'est mise à couler au Sud par la cluse, vers la Czarna Nida ; par suite, la communication entre la Lubrzanka et la Pokrzywianka a été interrompue. Le segment de l'ancienne Lubrzanka qui va de Ciekoty à Wzorki a renversé son cours ; il est devenu un simple affluent, la Małchocka. Voici les preuves de cette hypothèse. La Lubrzanka naît près de Zaganańsk à l'altitude de 358 m., et coule le long des versants septentrionaux de la montagne de Masłów, avec une pente de 8 ‰. Près de Ciekoty, la Lubrzanka reçoit un affluent oriental qui lui apporte le tribut des nombreux ruisseaux des versants septentrionaux de Łysica. La vallée synclinale située au Nord de la chaîne de Sainte-Croix, entre Psary, la Stawiana góra et la Łysica est une dépression qui s'abaisse jusqu'à 296 m. d'altitude. La courbe de 298 m. limite de grands marais où se jettent, de divers côtés, de petits ruisseaux.

Dans ces marais naît la Małchocka, qui s'écoule par Wilków, Ciekoty et Małchocice Zagórne pour se jeter dans la Lubrzanka. La pente de ce cours d'eau (3 ‰) est beaucoup plus faible que celle de la Lubrzanka et insensible à l'œil. La courbe de 298 m. délimite une large vallée de la Małchocka. Près de Wilków, cette vallée a quelques centaines de mètres de largeur et 3 à 4 m. de profondeur ; près de Ciekoty, elle s'élargit beaucoup en formant une assez large dépression (277 m.) remplie par les alluvions de la Małchocka et de la Lubrzanka, qui viennent s'y rejoindre.

Il n'existe pas de vraie ligne de partage entre la Małchocka et la Pokrzywianka. L'eau du marais de Wzorki s'écoule aussi bien à l'Est, dans la Pokrzywianka, qu'à l'Ouest dans la Lubrzanka. Le débit, toutefois, est moindre dans le premier cas que dans le second. Après avoir passé par le moulin de Wzorki, le torrent qui vient de Łysica se bifurque et alimente la Lubrzanka (Nida) par l'intermédiaire de la Małchocka, ainsi que la Pokrzywianka par l'entremise de la Czarna Woda. Parallèlement au cours initial de la Pokrzywianka et plus loin, à Wzorki, passe la courbe de niveau (302 m.) qui délimite la

vallée de la Pokrzywianka en l'unissant à celle de la Małchocka.

Les preuves de cette capture sont : l'absence d'une ligne de partage près de Wzorki ; la faible pente de la Małchocka (3 ‰), en comparaison de celle de la Lubrzanka (8 ‰) ; la distribution des courbes de niveau le long du cours de la Małchocka et de la Pokrzywianka, l'existence du marais au coude de capture ; la large vallée morte qui n'a pu être creusée par la Małchocka, par suite de la faible pente, du faible volume et de la brièveté de ce cours d'eau ; enfin le marais des environs de Ciekoty, où il y avait une plus grande quantité d'eau pendant la période de changement de la direction du cours.

Une autre capture assez importante a eu lieu près de Słopiec. Les eaux des versants méridionaux de la chaîne de Łysa Góra se sont écoulées par la Belnianka à la Łukówka, puis par la Czarna Woda à la Vistule en passant par Raków. Cet état de choses fut la répétition d'un ancien écoulement miocène ; à cette époque, en effet, une rivière descendue des versants de la Łysa Góra se jetait au Nord de Raków dans le golfe méditerranéen. Mais la Czarna Nida, ayant décapité ce bassin, a commencé à en drainer les eaux vers l'Ouest dans la grande vallée de la Nida. Le grand marécage du coude de capture montre que ce phénomène est récent ; de même, la vallée de la Belnianka et celle de la Łukówka se rejoignent, ce que l'on remarque bien dans la topographie.

Je n'insisterai pas ici sur toutes les captures de moindre importance ; par exemple sur les cours obséquents des rivières Morawka et Pierzchnianka.

Le réseau hydrographique formé après la glaciation, était différent du réseau actuel. La chaîne de la Łysa Góra était alors une ligne de partage bien marquée et les anciennes rivières avaient la direction des vallées longitudinales subséquentes ; ensuite le réseau hydrographique post-glaciaire a commencé, par le jeu des captures, à évoluer dans le sens de la complication. Aujourd'hui les vallées subséquentes ne jouent plus ce rôle comme voies d'écoulement ; ce sont les segments antécédents qui ont la prépondérance.

L'érosion a tout d'abord travaillé très vite dans le matériel

tendre quaternaire, mais elle n'a pas tardé à se ralentir, et n'a pu creuser partout avec la même rapidité, dès qu'elle a rencontré les obstacles formés par la roche en place. Grâce à cette circonstance, l'érosion a commencé à favoriser les anciens segments des vallées préquaternaires, dans lesquelles les rivières se sont ainsi retrouvées par érosion sélective. Aujourd'hui, nous assistons à la continuation de ces phénomènes : le réseau hydrographique, en s'approfondissant, rencontre des vallées et des cluses préquaternaires auxquelles il s'adapte. Il résulte ainsi de mes observations que l'érosion ressuscite d'anciennes vallées préquaternaires comblées de sable et tend à la reconstitution des vallées anciennes plutôt qu'à l'adaptation aux conditions topographiques nouvelles. Même de petits ruisseaux, comme par exemple la Ciemna, choisissent la direction contraire à l'inclinaison générale du terrain et laissent des lignes de partage très peu accentuées.

Nous assistons à l'épigénie glaciaire de tout le territoire. Les rivières creusent le sable quaternaire, qui forme des terrasses élevées de 40 à 50 m. au-dessus de leur niveau ; au-dessous de leur lit persistent des gisements de sable épais de plus de 10 mètres.

★

Le milieu du grand synclinal jurassique est occupé par une vallée qu'arrose aujourd'hui la Nida. C'est depuis le confluent de la Czarna et de la Biała Nida que la rivière porte le nom simple de Nida. Son cours et celui des rivières avoisinantes présentent un intérêt particulier. La vallée de la Nida est subséquente par rapport aux couches mésozoïques qu'elle longe et conséquente par rapport aux dépôts néogènes. L'ancienne vallée creusée dans le Crétacé et le Jurassique a été comblée de sédiments néogènes. Après la régression du golfe néogène, la plaine côtière avait une prédisposition structurale dans les dépôts tertiaires, ce qui conduisit à l'épigénie par rapport aux terrains mésozoïques. Il faut appliquer le même raisonnement

aux vallées de la Czarna Woda, de la Wschodnia, de la Nidzica et à une partie du cours de la Szreniawa.

Le segment de la Nida compris entre le village de Rembów et les abords de l'embouchure de la Mierzawa, se présente d'une manière différente ; il s'allonge normalement à la majeure partie du cours de la rivière ; il a subi, lui aussi, une épigénie à partir de la surface du Néogène, mais cette vallée est conséquente par rapport au socle mésozoïque. Le segment compris entre Sobków et Mokrsko présente des relations semblables, tandis que les segments Mokrsko-Rembów et Sobków-Mosty (embouchure de la Hutka) sont des vallées subséquentes par rapport aux couches mésozoïques.

La disposition des rivières dans la partie septentrionale du synclinal mésozoïque mérite aussi de retenir notre attention. Les cours d'eau dessinent des demi-cercles étendus de l'Ouest à l'Est et concaves vers le Sud, comme la Mierzawa, la Biała Nida et la Pilica supérieure avec un de ses affluents. Le schéma (fig. 8) nous montre que cela résulte d'une adaptation structurale. Les rivières dessinent des alignements qui correspondent aux isohypses structurales, dont le col se trouve sur la ligne Jędrzejów-Noworadomsk, près de cette dernière localité.

A la marge occidentale de notre territoire, les rivières sont également adaptées à la tectonique, La Dlubnia, le Prądnik et d'autres cours d'eau moins importants coulent dans des vallées subséquentes le long du flanc droit de l'anticlinal. Avant la glaciation ces vallées présentaient des versants plus doux que ceux d'aujourd'hui et en même temps plus hauts ; comme de nos jours, elles présentaient des cañons. Dans certains lieux, où les versants de la vallée actuelle coïncident avec les versants préquaternaires, ils forment des parois abruptes. Ces vallées préquaternaires ont leur réseau de ravins et de vallées tributaires. Dans les parties déblayées des dépôts récents, on peut observer la profondeur et la rapidité des anciens versants préquaternaires. Les différences de niveaux correspondantes atteignent 150 m. et montrent que les formes topographiques cachées par la couverture quaternaire étaient des formes jeunes.

La Pilica draine les eaux de la partie Nord-Est de notre ter-

ritoire. Cette rivière coule en sens contraire de toutes les autres rivières de la région. Comme je l'ai déjà dit, le plateau de la Petite Pologne s'abaisse graduellement vers le Nord et la Pilica coule sur cette surface doucement inclinée ; tandis que la majeure partie des autres rivières passe rapidement du plus haut niveau de ce plateau à l'avant-pays des Karpates.

La vallée de la Pilica est, elle aussi, une vallée préquater-

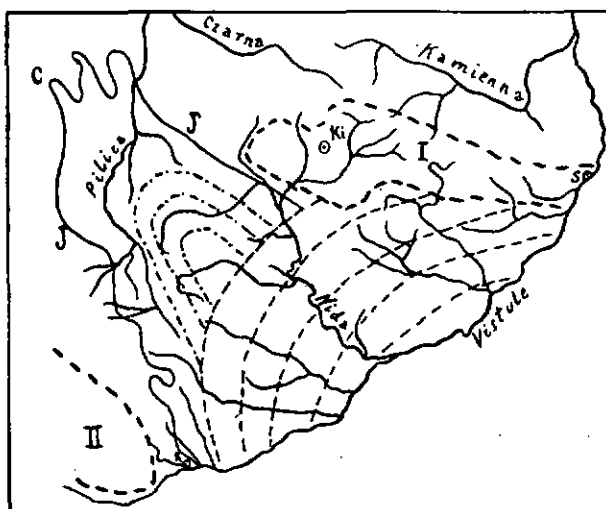


FIG. 8. — CROQUIS MONTRANT L'ADAPTATION DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE
A LA TECTONIQUE.

Abréviations : Ki, Kielce ; K, Cracovie ; S, Sandomierz ; I, Massif ancien de Kielce ; II, Massif ancien de Silésie ; J, Contour du bassin jurassique ; C, Col des isohypses structuraux du bassin ; - - - Isohypses structurales du Crétacé ; — — isohypses structurales du Néogène.

naire. Elle était alors un peu plus large et plus profonde qu'aujourd'hui. En effet, les différences de niveau entre le plateau et le fond crétacé de la vallée atteignent 23 m. Elle traverse le synclinal du Tomaszów Rawski. Son fond préglaciaire se trouve, en ce point, à l'altitude de 143 m. ; c'est-à-dire beaucoup plus bas que le fond des vallées qui sillonnent la partie Sud de notre région.

Toutes les rivières importantes du synclinal jurassique et une grande partie de leurs affluents, même parmi les plus petits,

coulent dans d'anciens lits préquaternaires. On observe, ici également, l'épigénie glaciaire complète de la topographie. Le sable, dans la partie méridionale, septentrionale et Nord-Ouest du territoire et surtout le loess, dans la partie Sud-Est, masquent la surface préquaternaire ; toutefois, dans ses grandes lignes la surface actuelle reproduit celle du préquaternaire.



FIG. 9. — LA TERRASSE FLUVIÔGLACIAIRE DE LA LUBRZANKA, PRÈS DE L'ENTRÉE DE LA CLUSE.
(Phot. de l'auteur.)

L'érosion emporte le matériel quaternaire ; souvent même, elle attaque les roches en place sur les versants.

★

Parmi les rivières des montagnes de Kielce, la Czarna Nida (Lubrzanka) possède des terrasses bien marquées. Au-dessus de la terrasse d'inondation s'élève une terrasse d'environ 20 m. de

hauteur (altitude 270 m.). C'est une terrasse formée de sable mouvant ; ses versants sont rapides et soumis aux agents éoliens. Plus haut, à environ 290 m. d'altitude, se dresse une autre terrasse. Elle est également sablonneuse, mais ses versants sont plus stables. C'est un niveau du premier cycle d'érosion post-glaciaire ; ce qui le montre, c'est la présence au-dessus de cette



FIG. 10. — LA BASSE ET LA MOYENNE TERRASSE DE LA PILICA.

Vue prise de Nagórzyca vers le Sud. Phot. de l'auteur.

terrasse, d'affleurements de la roche en place, lesquels ne sont recouverts que d'une mince nappe de dépôts quaternaires.

Dans le cours inférieur de la Nida, ces trois terrasses se répètent, bien qu'entre la terrasse d'inondation et la moyenne terrasse il y ait moins d'écart qu'en amont. Ici les hautes terrasses (284 m.) sont dans la roche en place, et les moyennes terrasses sont faites de roche en place ou de sable.

Les terrasses de la Dlubnia sont formées de loess. La terrasse d'inondation est située à l'altitude de 235 m. ; la haute terrasse est

bien marquée à environ 290 m. et la moyenne terrasse est peu distincte. L'érosion des méandres encaissés explique parfois l'absence de cette dernière terrasse (Fig. 4, p. 54).

La Pilica possède des terrasses plus petites et situées à des altitudes plus basses. Sa terrasse d'inondation se trouve à l'altitude de 150 m.; une autre terrasse existe à 4 m. au-dessus; enfin, une dernière terrasse domine de 12 m. la précédente (Fig. 3, p. 39 et fig. 10).

Les terrasses des rivières qui coulent vers le Sud et les méandres encaissés montrent qu'il s'est produit un abaissement du niveau de base. Par niveau de base, je n'entends pas ici le niveau de la mer, mais l'avant-fosse des Karpates, qui reçoit ces cours d'eau.

La Pilica, qui coule dans une autre direction, ne montre rien de pareil et ses terrasses sont plus rapprochées. Ces faits nous inclinent à admettre un soulèvement de notre territoire : mouvement épirogénique récent, affectant le massif primaire situé en avant des régions karpatiques. La disposition du matériel mixte nous a déjà montré la possibilité de mouvements épirogéniques postérieurs à la grande glaciation; maintenant, des faits d'une autre catégorie soutiennent la même hypothèse.

6. Les phénomènes karstiques.

Les dépôts qui remplissent le synclinal de Tomaszów Rawski présentent des conditions favorables au développement des phénomènes karstiques. Le sable cénomanien est très perméable aux eaux, mais la marne compacte turonienne se prête à la formation de nombreuses fissures et même de tunnels souterrains. En principe, la surface de la marne est un niveau imperméable et les eaux souterraines de la couverture quaternaire doivent s'y accumuler.

Dans la marne crétacée, les filets d'eau ne sont pas confinés à un niveau quelconque. Souvent, en deux points distants de quelques mètres, l'eau se trouve à des profondeurs différentes et n'a

pas le même goût. Les sources sont nombreuses et réparties à divers niveaux, surtout sur la marne turonienne. Beaucoup d'entre elles donnent constamment de l'eau froide et il arrive, par exemple à la source « Wymięka » (au bord supérieur du ravin « Smug »), que la source donne de l'eau durant les étés les plus secs, alors même que des sources situées au fond du ravin, à quelques mètres plus bas, sont tarées.

On observe que le plus grand nombre des sources se trouve au pied des versants de la Pilica où l'eau s'écoule par des fissures et forme de petits ruisseaux qui se déversent dans cette rivière. A l'ordinaire, les sources du plateau ne donnent pas naissance à des ruisseaux ; l'eau qui s'en échappe se répand ou s'écoule sur une petite distance et ne tarde pas à pénétrer de nouveau dans le sol.

Deux de ces cours d'eau présentent des anomalies hydrographiques. Ni l'un ni l'autre ne sont marqués sur la carte topographique militaire à l'échelle 1 : 126 000 (45) ; ils figurent ici dans la littérature pour la première fois (voir la carte fig. 11, p. 93).

La source du premier ruisseau, que j'appelle la Twarska, est située près du village de Twarda, où elle sort d'une dépression de trois mètres de diamètre. L'eau sonne en tourbillonnant sur le fond et le sable qu'elle rejette présente, au travers de l'eau, des reflets verdâtres et bleuâtres. Au commencement de son cours la Twarska reçoit quelques petits affluents et coule sur les dépôts quaternaires qui recouvrent la marne crétacée. Au village de Twarda, le ruisseau est assez vigoureux pour actionner un moulin ; plus loin, il s'affaiblit graduellement, jusqu'à disparaître presque. Encore plus loin, son lit est large de quelques mètres. Près de son débouché dans la vallée de la Pilica, le lit de la Twarska est profond de 3 à 4 m. ; au même lieu, on aperçoit une terrasse située à un mètre au-dessus du niveau du cours d'eau. A partir de cet endroit, la Twarska coule sur la terrasse de la vallée de la Pilica ; ce n'est qu'à partir de là qu'elle est marquée sur la carte topographique. Près de son embouchure au village de Grzmiąca se trouvent, sur la seconde terrasse de la Pilica, des sources dites « bleues. » Leur tempé-

rature est de 8° R.; elles donnent assez d'eau pour former un étang et actionner un moulin.

Le second ruisseau commence dans des forêts près de Książ. Sa source présente un petit entonnoir sans écoulement visible (fig. 11). Entre cette source et un marais où commence l'écoulement se trouve une dépression longitudinale peu profonde. J'ai appelé ce ruisseau la *Ginaça* (en polonais, la « Disparaissante »). Il coule, dans toute sa longueur, sur un territoire de calcaire jurassique recouvert de dépôts quaternaires, essentiellement formés, ici, de sable argileux avec de grands blocs erratiques de granite. Près du village de Wawat, ce cours d'eau reçoit un affluent qui provient d'une paroi calcaire; quelques centaines de mètres plus loin, il disparaît dans une dépression. Après les dégels printaniers ou après de grandes précipitations atmosphériques, toute cette dépression se remplit d'eau qui s'étale en une sorte de petit lac, lequel disparaît bientôt, abandonnant du sable avec des galets (voir la carte, fig. 11). Un peu à l'Ouest de cette dépression, c'est-à-dire dans la direction où s'écoule la *Ginaça*, j'ai observé les affleurements 80, 81 et 82; cette dépression est donc située sur un territoire calcaire où l'eau s'échappe par les fissures des roches. Je ne possède malheureusement pas d'échantillons des terrains plus profonds, mais un peu au Nord-Est de cette dépression se trouve un puits d'une profondeur de douze mètres, ce qui confirme l'opinion exprimée ci-dessus.

Entre cette dépression et la *Pilica*, en prolongement de la *Ginaça*, s'allonge une petite vallée qui s'élargit peu à peu en s'approfondissant. A son débouché dans la vallée de la *Pilica* elle a environ 30 m. de largeur et 4 à 5 m. de profondeur. Son fond est au niveau de la seconde terrasse de la *Pilica*; sur cette seconde terrasse, la vallée sèche est très peu marquée; l'ancienne embouchure du lit dans la *Pilica* est indistincte.

La *Ginaça* a donc été un affluent de la *Pilica*, quand celle-ci coulait près de la troisième terrasse. Mais dans un cycle ultérieur, il s'est formé un écoulement interne qui a privé la *Pilica* de cet affluent. Les eaux qui disparaissent près du village de Wawat se montrent de nouveau à la surface du sol près du village d'Utrata et forment ce qu'on appelle les « sources bleues ».

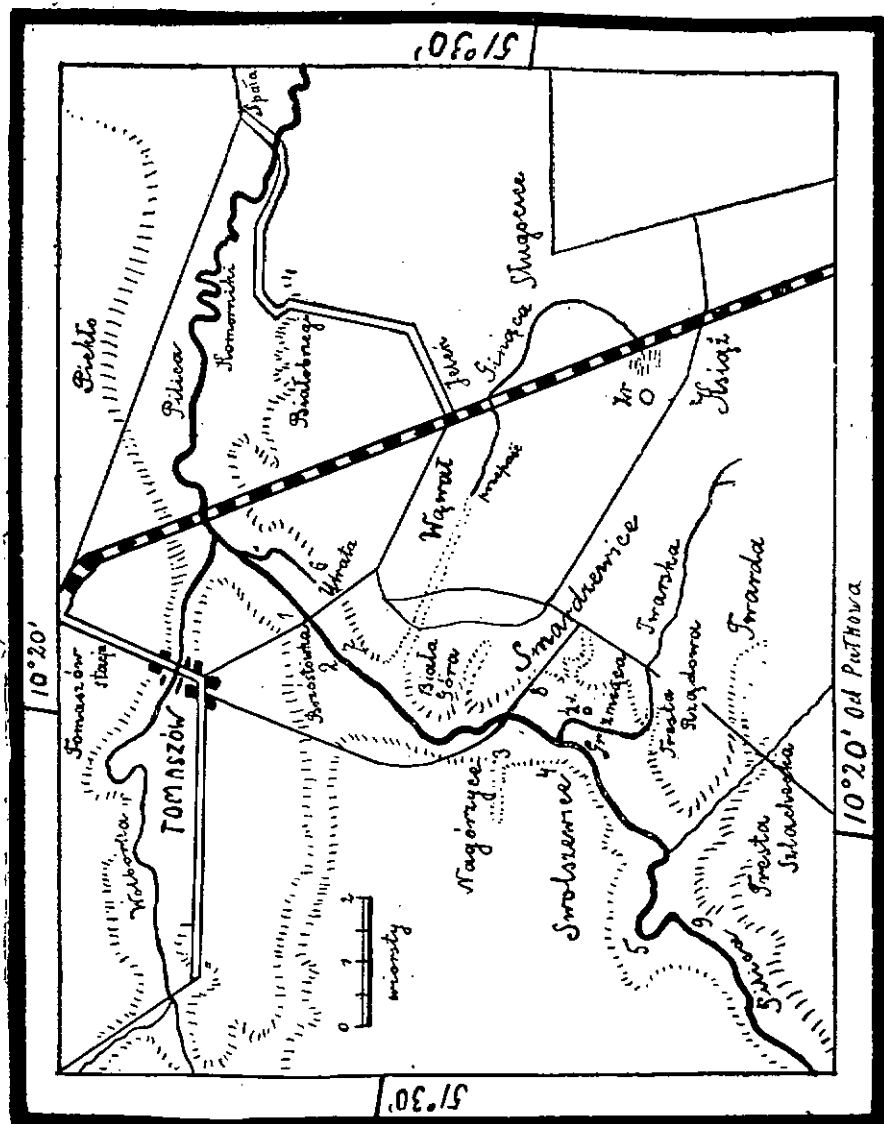


FIG. 14. — CARTE DES ENVIRONS DE TOMASZÓW RAWSKI.
Echelle 1 : 125 000

Les sources de l'Utrata sont situées sur la première terrasse de la Pilica (voir la carte). L'eau jaillit avec force, soulève le sable du fond et tourbillonne en remous verdâtres. Les sources sortent à la profondeur de 2,5 à 4 m., elles sont néanmoins bien visibles ; l'eau est extraordinairement pure et transparente, circonstance qui explique vraisemblablement la coloration particulière. Sur le fond, le sable et les autres objets clairs immergés prennent une magnifique couleur verdâtre, bordée d'étroites franges qui appartiennent à l'extrémité violette du spectre. Cette eau absorbe les radiations de l'extrémité rouge du spectre et laisse passer les radiations bleues et vertes. La température de l'eau est de 8° R.

Comme dans le cas de la première source, l'eau s'écoule en abondance, forme un étang assez grand, profond de 2 à 3,5 m., fait mouvoir un moulin et alimente la rivière Utrata, qui coule parallèlement à la Pilica et finit par s'y jeter près du village de Bocian. L'étang et les sources sont récents comme on en peut juger par les caractères des rives et l'apparition sur la basse terrasse.

Dans certaines périodes, les sources d'Utrata, comme celles de Grzmiąca s'envasent, se décolorent, en même temps que le débit diminue. A Grzmiąca, où il y a moins de sources, la diminution du débit et l'envasement consécutif sont si considérables qu'il faut procéder à un nettoyage pour remettre en mouvement le moulin.

Dans le synclinal de Tomaszów Rawski, on ne voit pas de grands phénomènes karstiques typiques. Aux temps géologiques de l'érosion karstique s'est accomplie sur ce pays ; actuellement, nous n'avons plus que des formes karstiques fossiles. C'est un karst mort. Le déblaiement des terrains quaternaires a eu pour conséquence le renouvellement de l'érosion karstique interrompue par leur dépôt. Aujourd'hui une nappe souterraine se trouve dans le grès céno-manien qui gît sous la marne néo-crétacée. Cette dernière est traversée, dans diverses directions, par des veines d'eau. Quand l'eau s'écoule du grès à travers des calcaires, il se forme de grosses sources vaclusiennes à coloration bleue. Ce qui permet de dire que l'eau ne s'écoule

pas directement du grès, ce sont les observations du sondage d'Utrata (66 et 67) et le fait que de temps à autre les sources s'ensavent. Cet ensablement est dû, en effet, à la présence de l'argile qui accompagne la marne.

★

Dans la partie occidentale des montagnes de Kielce, on trouve des traces de phénomènes karstiques fossiles. On observe, dans le calcaire compact dévonien, au-dessous de la couverture quaternaire, d'anciens entonnoirs. En outre, l'érosion karstique continue de nos jours, par exemple à la montagne de Zelejowa. Cette montagne est plus haute que les éminences à karst fossile dont il vient d'être question. Elle est déblayée de la couverture quaternaire et le calcaire dévonien y subit l'action des agents atmosphériques. Toute la surface de la montagne est fendillée d'une multitude de fissures dans lesquelles l'eau disparaît.

★

Sur le flanc occidental du grand synclinal jurassique, c'est-à-dire à l'extrémité occidentale de notre-pays, on connaît dans les calcaires, d'autres phénomènes karstiques, d'ailleurs importants. Ces phénomènes atteignent leur plus grand développement dans le gypse miocène qui remplit l'extrémité méridionale du synclinal jurassique. Dans l'introduction, j'ai parlé de la structure géologique de cette contrée ; je puis donc me borner ici à la description des phénomènes karstiques. Ils ont commencé à se produire, comme ceux dont j'ai parlé plus haut, avant le Quaternaire et plus précisément au Pliocène. A l'époque glaciaire, ils ont été interrompus ou ralentis par suite de l'accumulation des dépôts glaciaires. Après la dénudation de ces derniers, le gypse a été découvert à nouveau et l'érosion karstique a recommencé.

La renaissance du karst se produit, par exemple, aux environs de Busk, tandis que plus à l'Ouest elle est fort rare, le

gypse étant encore recouvert de lœss. C'est ainsi qu'aux environs de Masłomiąca se trouve une ancienne doline remise à jour par la dénudation des dépôts glaciaires (fig. 4, p. 54). Quand le gypse n'est recouvert que d'une mince nappe quaternaire, il s'y développe également des phénomènes karstiques. Il arrive parfois, mais plus rarement, que l'affaissement du gypse provoque la formation d'entonnoirs dans les grès sarmatiens qui lui sont superposés. C'est le cas, par exemple, entre les villages de Skadla et de Jarzabek, au Sud-Est de Chmielnik, ainsi que près de Staszów au côté gauche de la rivière¹.

Le gypse est riche en fissures, tunnels et cavernes ; parmi ces cavités, les unes ont un point de sortie, les autres sont aveugles et seul le bruit signale leur existence au passant. Les effondrements sont fréquents ; il suffit parfois du poids d'un animal pour les déterminer ; d'autres fois l'affaissement est fortuit. Le gypse n'occupe pas, actuellement, une vaste étendue. Il forme des îlots dans les dépôts argileux et marneux ; c'est pourquoi le paysage karstique ne couvre pas tout le pays. Les versants des entonnoirs sont tantôt rapides et même verticaux, tantôt constitués par des dépressions arrondies et sans écoulement, à fond marécageux. Leurs dimensions sont de 2 m. à quelques centaines de mètres de diamètre. Les abords septentrionaux du village de Szaniec sont riches en entonnoirs de divers types. Les plus récents sont encore en friche ; les plus anciens, qui sont aussi les plus grands, sont cultivés. Au fond des entonnoirs, on trouve parfois de petits lacs sans écoulement ; c'est une forme de transition aux dolines.

Je me borne à la description de deux dolines, pour donner une idée de leur aspect. Près du village de Skorocice se trouve une doline dont une partie est visible sur la fig. 12. Les versants sont hauts d'environ 15 m. ; on y voit briller de grands cristaux de gypse. A l'extrémité orientale de la doline existent deux étangs bordés d'arbres. Le ruisseau qui se forme au milieu de la doline s'engage dans un tunnel et réapparaît plus loin. Les

¹ Voir la distribution des phénomènes karstiques sur la carte d'ensemble ci-jointe.

versants de la doline sont parfois en surplomb et présentent des grottes. Le fond des cavernes est toujours recouvert d'une mince couche de terre noire, sol riche en gypse qui s'y trouve parfois en gros fragments. Ni en ce point ni dans d'autres cavernes je n'ai observé de traces de la glaciation ; on en peut conclure que ces formes sont tout à fait récentes.



FIG. 12. — UNE DOLINE A SKOROCIE.
(Phot. de l'auteur.)

La seconde doline, plus considérable, est située près du village d'Uników. Elle est moins profonde que la doline de Skorocice ; son aspect est encore plus frais et sa formation toute moderne. Les entonnoirs abondent sur les bords du plateau. Les versants de la doline montrent des écroulements. De l'un des tunnels s'écoule un ruisseau (fig. 13). Les eaux souterraines, qui sourdent de différents lieux, forment un étang qui alimente un moulin.

L'évolution de ces deux dolines est assez avancée pour qu'elles

présentent un écoulement extérieur ; toutefois, d'autres ruisseaux disparaissent en profondeur et ne reviennent au jour qu'à une assez grande distance.

Près du village d'Owezary, la vallée nous montre une doline encore plus évoluée. C'est une vaste dépression à pentes douces ménagées en partie dans le gypse, en partie dans d'autres roches. Au pied des versants gypseux se trouvent des sources sulfureuses ; le fond de la vallée est marécageux et parsemé de



FIG. 13. — UNE DOLINE A UNIKÓW.

(Phot. de l'auteur.)

grands blocs de gypse. L'écoulement est peu distinct. Quand l'évolution de la doline est plus avancée, ou quand on a ménagé un écoulement artificiel, les champs cultivés prennent la place du marais et le sous-sol montre un aspect caractéristique des produits de désagrégation et d'altération du gypse. En juxtaposant nos observations faites en divers points sur les divers stades des phénomènes karstiques, nous pouvons maintenant nous faire une idée de leur évolution.

Les entonnoirs débutent par la formation de poches. Pratiquées dans le gypse, ces poches sont remplies de sol qui recouvre celui-ci. Les poches passent graduellement à des canaux

verticaux profonds de quelques mètres. A ce degré, l'eau pénètre plus profondément dans la roche, où elle se distribue en filets horizontaux dont le travail aboutit à la formation de tunnels et de cavernes. Quand les cavités ont atteint une certaine dimension, leur plafond s'abîme, ce qui détermine, en surface, les entonnoirs. Quand les cavités sont nombreuses, les entonnoirs primitivement distincts ne tardent pas à s'assembler en une dépression complexe plus ou moins grande, qui est une doline. Les eaux souterraines coulent par des tunnels et des fissures



FIG. 14. — LES ENTONNOIRS KARSTIQUES A SZANIEC.

(Phot. de l'auteur.)

vers la jeune doline et favorisent ainsi la destruction des blocs de gypses accumulés dans la dépression. Celle-ci est tantôt privée, tantôt pourvue d'écoulement extérieur ; dans le premier cas, elle abrite parfois un petit lac. Au début, les bords de la doline sont éboulés, riches en tunnels et en cavernes. Près de l'Uników se trouve un bon exemple de doline naissante. Dans un autre cas, près de Skorocice, l'évolution de la doline est plus avancée.

Avec le temps, par la collaboration de l'érosion superficielle et de l'érosion karstique, l'écoulement superficiel se forme. L'eau entraîne le gypse et ne laisse que des résidus insolubles ; c'est ce qu'on peut observer dans un cas près d'Owczary. Le fond

marécageux de cette doline semble indiquer l'imperméabilité des couches qui supportent le gypse.

En fin de compte, l'eau déblaye les restes de la couche gypseuse et met à nu le substratum imperméable, ce qui donne naissance à des vallées cultivables, à versants doux caractéristiques.

Les phénomènes karstiques du golfe néogène sont aujourd'hui en plein cours de développement ; ils s'approchent même de leur achèvement. Le gypse disparaît assez rapidement, car il est en couches peu épaisses et peu étendues. Il faut attribuer à la même cause la coexistence, sur des points différents, de formes jeunes et de formes séniles ; le cycle d'érosion karstique passe en effet assez vite. Dans les terrains couverts de Quaternaire l'érosion karstique se manifeste à peine. Mais leur tour arrive, quand l'érosion fluviale les a déblayés de leur couverture. Le cycle d'érosion s'amorce donc par l'érosion fluviale, qui enlève le Quaternaire et découvre le gypse, ce qui ranime l'érosion karstique, après quoi l'érosion fluviale recommence.

Le présent mémoire a été achevé en 1914, mais les circonstances de la guerre l'ont empêché de paraître plus tôt.

RÉSUMÉ

Cette étude porte sur la région appelée le « Plateau de la Petite Pologne. » Le pays est limité au Sud par la Vistule, à l'Est par la Kamienna, à l'Ouest par le Prądnik, au Nord-Ouest par la Pilica.

Les dépôts quaternaires se présentent sous forme d'argile, de sable, de limon, de loess, de tourbe et de matériel mixte.

Il y a deux espèces d'argile : l'argile provenant de la moraine du glacier nordique et l'argile morainique locale. L'une et l'autre sont assez rares, parce que les moraines sont très désagrégées et démantelées.

Le sable, dans sa grande masse, est fluvioglaciaire. Dans les gisements inférieurs, on trouve aussi du sable préglaciaire et, à la surface, du sable alluvial. Dans la partie septentrionale du pays se trouvent des dunes déjà fixées. Aux environs de Mięchów le sable stratifié se distingue par un faciès local caractéristique.

L'époque glaciaire a été, dans ce pays, une époque d'accumulation. La carapace de glace était assez épaisse pour recouvrir les sommets les plus élevés. La topographie glaciaire est très effacée ; cependant, la distribution verticale du matériel quaternaire montre que la troisième glaciation a touché ce pays.

Le matériel mixte se compose de graviers cristallins septentrionaux et de graviers de Flysch karpatique. Il provient d'une ancienne nappe d'alluvion déposée par des rivières conséquentes

karpatiques qui ont coulé du Sud au Nord après la grande glaciation.

Les différentes espèces de lœss se groupent en deux étages : le lœss inférieur et le lœss supérieur ; entre ces deux périodes d'accumulation se place un épisode à climat plus humide. Le lœss recouvrait jadis, dans les montagnes de Kielec, de vastes étendues d'où il est aujourd'hui déblayé.

La surface préquaternaire a été fortement dénudée par l'érosion fluviale et en certains points par l'érosion karstique.

Les montagnes de Kielec présentent une topographie appalachienne avec réseau étoilé de vallées antécédentes. La glaciation est arrivée sur une topographie mûre présentant des traces de rajeunissement. Dans la région de l'ancien golfe néogène, la topographie était jeune et épigénique par rapport au Mésozoïque sous-jacent.

La période post-glaciaire est une période d'érosion. Dans la topographie et le réseau hydrographique actuels, un grand nombre de détails sont dus à l'épigénie glaciaire. Les niveaux supérieurs du Quaternaire sont en majeure partie déblayés par l'érosion.

Après ce déblaiement, les phénomènes karstiques recommencent, surtout aux environs de Busk. Grâce à la solubilité du gypse, le cycle d'érosion karstique se développe rapidement et on observe côte à côte tous les stades possibles.

Enfin, notre territoire a éprouvé, au Quaternaire, un soulèvement épirogénique.

BIBLIOGRAPHIE

1. 1805 S. STASZIC. O ziemiorodztwie gór dawney Sarmacyi, a później Polski. I. O równinach tej krainy o pasmie Łysogór o części Biaław i Beskidów. Warszawa.
2. 1833-1836 B. PUSCH. Geognostische Beschreibung von Polen. 2 Bände, Stuttgart und Tübingen.
3. 1861 L. ZEISZNER. O mijocenieznych marglach i gipsach w południowo-zachodnich stronach Królestwa Polskiego. Biblioteka Warszawska, IV. Warszawa.
4. 1882 S. KONKIEWICZ. Sprawozdanie z badań geologicznych, dokonanych w r. 1880 w południowej części gub. Kieleckiej. Pamiętnik Fizjograficzny. II. Warszawa.
5. 1883 F. ROMER. Die Knochenhöhle von Ojców. Palaeontographica. XXIX. Kassel.
6. 1883 V. UHLIG. Beiträge zur Geologie der westgalizischen Karpathen. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. XXXIII. S. 443-560. Wien.
7. 1884 A. MICHAŁSKI. Zarys geologiczny pdz. strony gubernji Kieleckiej. Pamiętnik Fizjograficzny. IV. Warszawa.
8. 1885 OSSOWSKI. Jaskinia Ojcowska pod względem paleontologicznym. Pamiętnik Akad. Umiejęt. XI. Kraków.
9. 1887 J. SIEMIRADZKI. Sprawozdanie z badań geologicznych we wschodniej części gór Kielecko-Sandomierskich. Pamiętnik Fizjograficzny. VII. Warszawa.
10. 1887 E. TIETZE. Die geognostischen Verhältnisse der Gegend von Krakau. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. XXXVII. S. 423-838. Wien.
11. 1888 J. SIEMIRADZKI. Sprawozdanie z badań geologicznych w okolicy Kiele i Chęcin. Pamiętnik Fizjograficzny. VIII. Warszawa.
12. 1891 J. SIEMIRADZKI i E. DUNIKOWSKI. Szkic geologiczny Królestwa Polskiego, Galicji i Krajów przyległych. *Ibidem*, XI.
13. 1894 ZARĘCZNY. Atlas geologiczny Galicji. Tekst do zeszytu trzeciego. Kraków.

14. 1896 GÜNTHER. Palaeozoicum im Polnischen Mittelgebirge. Записки Импер. С. Петерб. минералог. общества. С. Петербургъ.
15. 1896 Н. КРИШТАКОВИЧЪ. Послѣднетичныя образования въ окрестностяхъ Новой-Александрии. Записки Ново-Алекс. Института сельск. хозяйства. XV. Варшава.
16. 1896 W. TEISSEYRE. Sprawozdania z badań geologicznych w okolicach Rohatyna, Przemyśla, Boharki, Nikolajewu. Spraw. Kom. Fizjograf. XXXI. Kraków.
17. 1899 KELLER, MEMMEL, PREGEL und WEICHELSTROM. 4 Bände. Berlin.
18. 1902 N. KRISCHTAFOVITSCH. Hydro-geologische Beschreibung des Territoriums der Stadt Lublin und ihrer Umgegenden. Записки Ново-Алекс. Института. сельск. хозяйства. XXV. Варшава.
19. 1904 J. LEWIŃSKI. Sprawozdanie z badań geologicznych, dokonanych wzdłuż drogi żelaznej Warszawsko-Kaliskiej. Pamiętnik Fizjograficzny. XVIII. Warszawa.
20. 1905 W. ŁOZIŃSKI. Doliny rzek wschodnio-karpackich i podolskich. Lwów.
21. 1907 J. CZARNOWSKI. Polska przedhistoryczna. (Bibliographie dans le premier volume). Kraków i Warszawa.
22. 1908 W. ŁOZIŃSKI. Glacialne zjawiska u brzegu północnego Dyluwjum wzdłuż Karpat i Sudetów. Sprawoz. Kom. Fizjogr. XLIII. Kraków. (Glazialerscheinungen am Rande der nordischen Vereisung. Mitteilungen d. Geol. Gesellschaft in Wien. 1909. II. S. 162-202.)
23. 1908 J. LEWIŃSKI. Utwory jurajskie t. z.: « pasma Sulejowskiego ». Rozprawy Wydziału mat.-przyr. Akad. Umiej. XLVII, dział A. Kraków.
24. 1909 W. KUŹNIAK. Przyczyunki do znajomości geologicznej W. K. Krakowskiego. Sprawozd. Kom. Fizjogr. XLIV. Kraków.
25. 1909 W. ŁOZIŃSKI. Der diluviale Nunatak des Polnischen Mittelgebirges. Monatsberichte d. D. Geol. Gesellschaft. XLI. S. 447-454.
26. 1909 W. ŁOZIŃSKI. O mechanicznem wietrzeniu piaskowców w umiarkowanym klimacie. Rozprawy Akademii Umiejętności. Ser. III, T. 9, Dz. A, str. 1.
27. 1909 J. SIEMIADZKI. Geologja ziem Polskich. 2 tomy. Lwów.
28. 1909 Д. СОБОЛЕВЪ. Средній девонъ Кѣлецко-Сандомирскаго Кряжа. Матеріалы для геологін Россіи. XXIV. С. Петербургъ.
29. 1909 F. WAHNSCHAFTE. Die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. Dritte Auflage. Stuttgart.
30. 1911 S. LENCEWICZ. Contribution à la connaissance du diluvium aux environs de Michów. Comptes-rendus de la Société des Sciences à Varsovie. IV. (En polonais, résumé en français).
31. 1911 S. MIKŁASZEWSKI. Les traces du glacier sur la montagne de Sainte-Croix. *Ibidem*. (En polonais, résumé en français).
32. 1911 Д. СОБОЛЕВЪ. Замѣтки о дилувіи Кѣлецко-Сандомирскаго Кряжа. Извѣстія Варшавскаго Политехническаго Института. I.

33. 1911 Д. Соболевъ. Объ общемъ характерѣ тектоники Кѣлецко-Сandomирскаго Кряжа. *Ibidem*.
34. 1912 J. GAZYBOWSKI. Przeglądowa mapa geologiczna Ziem Polskich. Warszawa.
35. 1912 J. LEWIŃSKI. Explorations géologiques dans la région traversée par le chemin de fer Herby-Kielce. Comptes-rendus de la Société des Sciences à Varsovie V, p. 291-327. (En polonais, résumé en français).
36. 1912 M. LIMANOWSKI. Tektonika Tatr. Encyklopedja Polska. I, s. 61-70. Kraków.
37. 1913 A. FLESZAR. Zur Evolution der Oberflächengestaltung des polnisch-deutschen Tieflandes. Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie. Série A, mars.
38. П. КОРОНЕВИЧЪ. Юрскія отложения Краковскаго округа. Извѣстія Варшавскаго Политехническаго Института. I.
39. 1913 W. KUŹNIAK udd J. SMOLEŃSKI. Zur Geschichte der Weichsel-Oder Wasserscheide. Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie. Série A, février.
40. 1913 S. LENCEWICZ. Histoire du cours supérieur de la Lubrzanka (Czarna Nida) pendant l'ère quaternaire. Pamiętnik Fizjograficzny. XXI. Warszawa. (En polonais, résumé en français).
41. 1913 S. LENCEWICZ. Contributions à la connaissance des dépôts quaternaires et de l'hydrographie des environs de Tomaszów Rawski. *Ibidem*. (En polonais, résumé en français).
42. 1913 M. LIMANOWSKI. Czapka tektoniczna w Pławach nad Popradem i geneza płaszczowiny skałkowej. Rozprawy Wydziału mat-przyr. Akademji Umiejętności. LIII, dział A, s. 23-45. Kraków.
43. 1914 S. LENCEWICZ. Wyżyna Kielecko-Sandomierska. « Ziemia » Nos 3-19. Warszawa.
44. 1914 S. LENCEWICZ. O utworach czwartorzędowych okolic Krakowa. Comptes-rendus de la Commission Physiographique de l'Académie des Sciences de Cracovie.
45. Военно топографическая карта Варшавскаго военного округа. (Carte topographique militaire de la circonscription de Varsovie). Échelle 1 : 126.000. Feuilles XIX A, B ; XX A, B ; XXI A, B, C ; XXII B, C.
46. SPEZIALKARTE DER OESTERREICHISCH-UNGARISCHEN MONARCHIE. Maassstab 1 : 75.000. Zone 5, Kol. XXI, XXII.

CARTE D'ENSEMBLE

des dépôts quaternaires du Plateau de la Petite Pologne

PAR

STANISLAS LENCEWICZ

ÉCHELLE : 1 : 504 000

0 1 2 3 4 5 10 20 30 km

Phénomènes karstiques

X Grapiers mixtes
à matériel nordique
et karpatique.

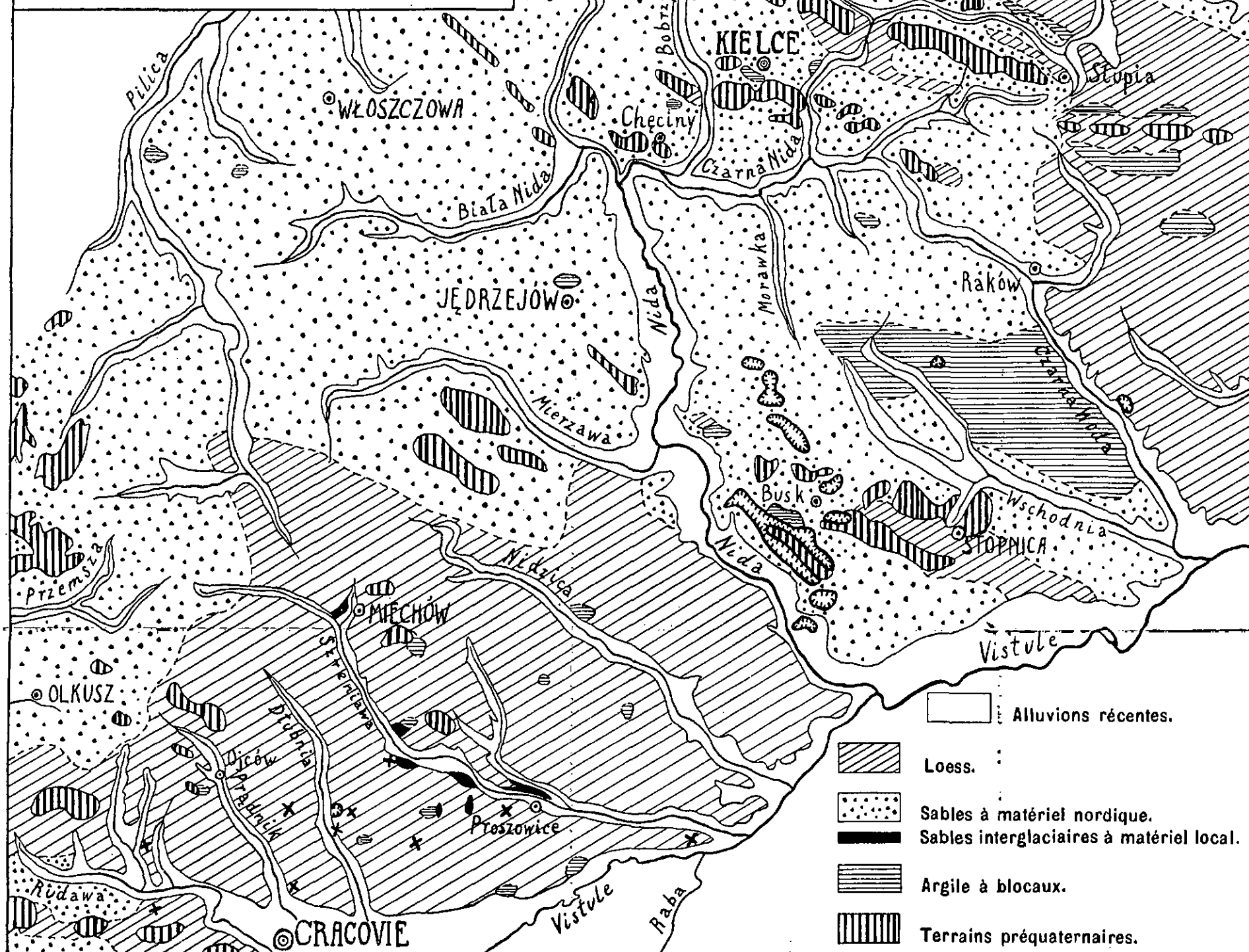


TABLE DES MATIÈRES

	Pag.
I. Introduction	5
1. Description topographique et géologique du pays . . .	5
2. État actuel des connaissances sur le Quaternaire de notre territoire	14
II. Partie spéciale	21
1. Les faits	21
2. La glaciation et ses dépôts	57
3. Le matériel mixte	68
4. Le loess	71
5. La morphologie	74
6. Les phénomènes karstiques	90
Résumé	101
Bibliographie	103
