

ГЛАСНИК ГЕОГРАФСКОГ ДРУШТВА

ОКТОБРА, 1924.

СВЕСКА 10.

TYPES MORPHOLOGIQUES DES TERRAINS CALCAIRES¹

La notion du karst est déduite surtout de l'étude du karst dinarique. Mais elle ne saurait être complètement appliquée à tous les pays calcaires. Depuis longtemps on a attiré l'attention sur les différences morphologiques et hydrographiques des divers compartiments du karst dinarique lui-même. A plus forte raison a-t-on pu noter de nombreux contrastes avec les autres régions de la terre formées de calcaire marneux, de craie et de dolomies très magnésiennes. On reconnaît aussi des différences suivant que le climat est plus ou moins humide. La composition chimique des calcaires et le climat ne sont pas seul à considérer: le développement des formes karstiques suivra un autre cours si les couches sont restées horizontales ou sont fortement redressées; si le calcaire affleure à nu ou est recouvert par d'autres dépôts, enfin s'il présente ou non des intercalations de couches imperméables. L'influence de ces divers facteurs détermine des différences morphologiques et hydrographiques considérables entre les régions calcaires. Certaines formes karstiques très développées dans une région manquent complètement dans une autre. Le régime de l'hydrographie souterraine change avec la position de la nappe d'eau ou du réseau aquifère qui est réglée par la profondeur et le caractère de la surface de la couche imperméable sous-jacente. Il en résulte que l'évolution même du relief ne suivra pas le même cours dans les différentes régions calcaires.

Il faut d'abord définir les principaux types actuels des régions calcaires en les classant, d'après le développement des phénomènes karstiques plus ou moins complet, en groupes caractérisés par une dénomination collective qui embrassent tous leurs caractères essentiels. Ensuite il faut établir les évolutions morphologiques et hydrographiques diverses parcourues par ces types calcaires.

Nous distinguons d'abord deux groupes de régions calcaires, différents au point de vue des caractères karstiques et nettement séparés l'un de l'autre par tous les phénomènes géographiques, relief, hydrographie, nature du sol et de la végétation même le plus souvent aussi bien par l'in-

¹ Штампано као три комуникације у Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris t. 180, p. 592, séance du 23 fevrier, p. 757, séance du 9 mars p. 1038, et séance du 30 mars 1925.

fluence de ces faits sur la vie humaine. D'un côté les régions offrant tous les phénomènes caractéristiques du Karst, le Karst complet ou *Holokarst*; de l'autre, les régions où ces phénomènes sont imparfaitement développés, le Karst imparfait ou *Merokarst*; un troisième groupe comprend les types de transition, offrant deux branches principales, le *type des Causses* et le *type karstique du Jura*.

Le Holokarst

C'est le Karst complet dans lequel toutes les formes karstiques sont parfaitement développées ainsi que l'hydrographie souterraine; les possibilités de l'évolution sont presque illimitées dans le sens horizontal, à la surface du sol, aussi bien que dans le sens vertical, dans la profondeur ou à l'intérieur des blocs calcaires. C'est que le Holokarst est constitué de calcaires purs et très puissants, occupant les sommets les plus élevés et descendant au-dessous du niveau de la mer. Les couches sont le plus souvent redressées et coupées par des diaclases, offrant ainsi de nombreuses prises à l'érosion karstique. Dans ces blocs puissants, les roches imperméables ne manquent pas complètement: mais étant rares et minces, elles disparaissent presque en comparaison avec la grande extension du calcaire et son épaisseur extraordinaire; par suite elles n'empêchent pas la circulation souterraine de s'accomplir: les eaux souterraines contournent ou passent au-dessous des couches imperméables. Néanmoins ces couches exercent une influence locale sur l'hydrographie et le développement des formes karstiques. Le réseau aquifère ou la nappe d'eau souterraine reposant sur la couche imperméable se trouve à une grande profondeur. L'évolution des formes et de l'hydrographie sera purement karstique sans intervention de l'érosion normale qui se fait sentir dans tous les autres types calcaires. Ce n'est que dans le Holokarst que les vrais poljes karstiques avec leurs phénomènes hydrographiques spéciaux ont pu se développer complètement.

Le meilleur exemple de Karst complet est offert par la région dinarique et par le Karst du Péloponèse, en Grèce. Il est probable qu'à ce groupe appartiennent aussi certaines régions calcaires de l'Asie Mineure, surtout de la Lycie et de l'île de Jamaïca.

Le Holokarst dinarique. — Il y a dans le Karst dinarique deux régions différentes au point de vue des phénomènes karstiques: la partie occidentale bordée par la mer Adriatique qui représente le Holokarst, et la partie de l'Est, plus étendue, qui se rattache plutôt au type de transition, tantôt à celui des Causses, tantôt à celui du Jura. Elles sont séparées par une série de dépressions, orientées dans le sens dinarique, du Nord-Ouest au Sud-Est, à partir du bassin de Ljubljana, en passant par Karlovac, en Croatie, la vallée supérieure longitudinale de Vrbas dans la Bosnie, la vallée de la Rama jusqu'à son confluent avec la Neretva (Narenta), la vallée supérieure longitudinale de la Neretva, les poljes karstiques de Gacko et de Niksic et

les vallées de la Zeta et de la Moraca jusqu'à l'embouchure de celle-ci dans le lac de Skadar (Scutari).

Le Holokarst dinarique est constitué par une bande de calcaire et de dolomie allant du Triglav en Slovénie jusqu'à Scutari, d'une longueur de 700^{km} et dont la largeur atteint souvent 60 à 100^{km}. Le calcaire et la dolomie sont d'âge différent: Trias supérieur, Jurassique, Crétacé et Nummulitique jusqu'au conglomérat paléogène de Promina en Dalmatie. Les schistes, les grès et les quartzites du Carbonifère et les schistes du Trias inférieur n'affleurent que très rarement à la surface, et ces affleurements sont dus à des dislocations, soit à des failles longitudinales, soit à des chevauchements le long desquels les couches imperméables sont mises à jour par l'érosion. Toutes les couches calcaires sont plissées, et les plis sont poussés vers l'Ouest, vers la mer Adriatique, la pression tectonique s'exerçant du Nord-Est et de l'Est. Presque sur toute leur longueur, de Fiume à Scutari, les couches calcaires s'enfoncent sous la mer. Leur substratum, constitué par des roches imperméables se trouve dans une profondeur inconnue. Il faut ajouter que ces calcaires ne sont presque jamais recouverts par des couches plus jeunes; il y a dans la partie littorale adriatique des grès et des marnes du flysch, mais ces couches fortement plissées, affleurent à côté du calcaire et ne le recouvrent presque jamais. Quant aux couches d'eau douce d'âge oligomiocène et plus jeunes, elles ne se rencontrent que dans les poljès. C'est dans le Holokarst dinarique que toutes les formes et tous les phénomènes hydrographiques sont les mieux développés sur la terre.

Le Mérokarst

La notion du karst provenant du Holokarst dinarique ne se laisse guère appliquer aux pays calcaires que nous embrassons sous le nom de Mérokarst. On n'y trouve que certains traits du relief karstique; d'autres manquent complètement ou sont considérablement modifiés. C'est bien un karst partiel ou imparfait.

On en trouve des exemples, surtout au Nord des Alpes, dans les régions de l'Europe centrale et septentrionale, constituées par les calcaires marneux et bitumeux qui appartiennent au Paléozoïque, par les dolomies triasiques et jurassiques riches en carbonate de magnésie, en particulier par la craie et les calcaires marneux d'âge sénonien; en Podolie (Pologne) aussi par le calcaire à *Lithothamnium* d'âge néogène. Ces roches impures se dissolvent moins complètement que les calcaires du Holokarst dinarique, et il reste une grande quantité d'argiles de décalcification; de plus, ces calcaires marneux sont souvent recouverts par des sables, graviers et argiles plastiques, étrangers au substratum, et d'un âge plus récent.

D'une telle constitution géologique résultent certains caractères morphologiques. Des vallées normales ont pu se développer, parfois presque comme dans les terrains imperméables. Les formes karstiques sont limi-

tées aux surfaces s'étendant entre les vallées normales, surfaces qui sont le plus souvent insignifiantes en comparaison avec les vastes compartiments du Holokarst; par suite, l'évolution des formes karstiques est en général fortement influencée par l'érosion normale. Enfin les roches solubles n'atteignent nulle part ici l'épaisseur des complexes calcaires du Holokarst, et elles renferment parfois encore plusieurs niveaux de couches plus ou moins imperméables; l'évolution des formes karstiques s'accomplira donc dans le Mérokarst plus vite et d'une autre façon que dans le Holokarst, où la couche imperméable, le niveau de base de l'évolution karstique se trouve à une grande profondeur.

La surface de roches se prêtant à la karstification et la surface du sol étant, dans le Mérokarst, séparées par un manteau plus ou moins épais de matériaux meubles, l'attaque du calcaire ne s'opère que par l'intermédiaire de ces couches meubles, particulièrement sur les points où elle sont le plus perméables, et plus spécialement aux endroits, d'ailleurs rares, où elles ont été enlevées.

Par suite, le Mérokarst n'est pas nu et ne montre que très rarement des surfaces rocheuses et déchiquetées. C'est un karst couvert et verdoyant, partout accessible aux labours en dehors des pâturages et des forêts. Les lapiés manquent donc complètement. Les petites formes de la surface sont les dolines dans les matériaux meubles, soit dans les argiles de décalcification, soit dans les couches de couvertures étrangères au substratum, comme les *sand and gravel pipes* des environs de Londres, les *Erdfälle* du Frankenjura et les *Zavrteks* de la Moravie. Ces dolines sont d'ailleurs moins fréquentes que les dolines rocheuses du karst dinarique; elles sont accompagnées souvent d'orgues géologiques et de poches, qui ne se traduisent pas dans le relief. Les vraies dolines, creusées dans les roches solubles, sans affaissement des matériaux meubles, sont extrêmement rares. Les poljes karstiques manquent complètement.

L'absence ou le faible développement des petites formes karstiques créées surtout par l'érosion chimique, lapiés et dolines, ne sont pas dus seulement à la couverture de matériaux meubles, mais aussi à la constitution chimique des calcaires beaucoup moins solubles que dans le karst dinarique.

Il semble que l'érosion chimique, dans le Mérokarst, ne fasse que préparer les voies de pénétration des eaux atmosphériques en élargissant les fissures, et donnant ainsi une impulsion à l'érosion mécanique souterraine qui bientôt devient prépondérante. Les formes dues plutôt à l'érosion mécanique qu'à l'érosion chimique sont celles qui se développent dans le Mérokarst presque aussi bien que dans le Holokarst.

Les jamas accusent les mêmes formes et la même mode d'origine; tels sont les *puits naturels* dans la craie de la France du Nord et les *aigui-geois* de la Belgique, ainsi que les *pots* dans la craie de l'Angleterre méridionale. Des vallées fermées, anciennes et actuelles, y aboutissant comme

dans le Holokarst, ces gouffres sont dans le Mérokarst moins nombreux, moins profonds et plus souvent obstrués par les matériaux meubles.

Les eaux de pluie donnent naissance à une hydrographie souterraine bien développée, avec des cavernes sèches et des grottes à cours d'eau. Il semble que ces cavités soient moins développées; elles n'atteignent sûrement pas la longueur des grottes et des cours d'eau souterrains du Holokarst. La dispersion des eaux souterraines n'est pas aussi fréquente que dans le karst dinarique; par suite on a pu, avec beaucoup de sûreté, suivre leurs cours et constater, souvent avec précision, leurs résurgences.

Types karstiques de transition

Ces types, surtout celui des Causses, se rapprochent plus du Holokarst que du Mérokarst, et ce rapprochement s'accuse dans une épaisseur plus grande du calcaire permettant le développement des formes karstiques en profondeur. Néanmoins, on voit affleurer les couches imperméables sous-jacentes dans une vallée ou dans une autre, parfois même deux ou plusieurs couches marneuses intercalées dans le calcaire. La nappe d'eau ou la zone aquifère qui sert de niveau de base à l'évolution karstique ne se trouve pas dans une profondeur indéfinie et inconnue comme dans le Holokarst dinarique; par suite, l'évolution karstique est plus vite épuisée. En outre, les vallées normales sont plus fréquentes et elles divisent ces régions dans les blocs calcaires bien délimités, isolés, et surtout moins vastes que ceux du Holokarst dinarique. Ces deux causes font que les plus grandes et les plus profondes formes karstiques, les poljes, manquent presque complètement. Plus on s'approche du type jurassien, plus les formes karstiques deviennent réduites et limitées à des compartiments d'une moindre étendue.

Type des Causses. — Ce sont les plateaux calcaires séparés par des vallées profondes en forme de canyons ou de gorge. Leur surface est plus ou moins aplanie par l'érosion fluviale antérieure à la karstification et l'on y rencontre de-ci de-là des cailloux et des sables quartzeux dispersés qui n'entravent nullement ou très peu l'érosion karstique. Il existe ordinairement un contraste entre les formes de l'intérieur et celles de la surface. Les premières, les grottes et les avens sont très développées et en général plus âgées; elles ont commencé à se former au début de la karstification, au moment où l'érosion karstique fut substituée à l'érosion normale; les rivières étant disparues à la surface, les avens, les anciens gouffres des rivières sont restés presque fossiles. Tandis que les seules formes de la surface, les lapiés et les dolines, sont en général plus jeunes, comme dans les hauts plateaux calcaires des Alpes, où elles ont été créées pour la plupart après la glaciation; sur les autres plateaux, elles sont souvent préglaciaires, mais elles n'ont pas cessé de s'approfondir et de se transformer depuis.

Il y a trois groupes de plateaux karstiques du type Causses bien étudiés: les grands Causses du Gévaudan et les petits Causses du Quercy, en France,

d'où est tiré le nom générique du type en question ; les plateaux karstiques de la Péninsule balkanique en dehors du Holokarst dinarique ; les hauts plateaux calcaires des Alpes, excepté la Chartreuse et le Vercors, près de Grenoble, qui appartiennent plutôt au type jurassien. Les plateaux calcaires du Bihor, en Roumanie, ainsi que le karst de Slovaquie se rattachent au type des Causses. De ce type se rapproche le plateau d'Il Montello qui, constitué par un conglomérat à ciment calcaire d'âge pliocène ou diluvial, surgit de la plaine de Piave. Hors d'Europe, à ce type appartient probablement le Barkly Tableland en Australie du Nord, constitué des calcaires cambrien et mésozoïque, et les plates-formes de Jawa, du calcaire oligocène, caractérisé par le relief des Cockpits.

Le type jurassien. — Il se rattache aux régions où prédomine l'alternance des couches calcaires et des couches marneuses, celles-ci étant parfois complètement imperméables. Que le terrain soit plissé ou non, il est disséqué par des vallées qui suivent souvent les zones de couches imperméables et recoupent parfois transversalement les zones calcaires. C'est en traversant ces dernières zones qu'elles ont creusé des vallées en gorge ; telles les gorges du Doubs, de la Loue et du Dessoubre dans le Jura. Les phénomènes karstiques n'ont pu se développer que sur les blocs calcaires situés entre les vallées normales qui sont assez fréquentes ; ils sont donc plus dispersés et plus sporadiques que dans les Causses. Dans ces blocs calcaires peu étendus, les formes du relief karstique ont été souvent attaquées par l'érosion régressive des rivières et ont perdu leurs caractères spéciaux. D'ailleurs les masses calcaires ne sont nulle part très puissantes : dans le Jura, les calcaires solubles et fissurés n'atteignent guère 250^m d'épaisseur. Dans la Treskavica, en Bosnie, les dolines les plus profondes sont creusées jusqu'au soubassement du calcaire, les schistes de Werfen ; de même dans la montagne de Tara, en Serbie, où le calcaire repose sur la serpentine. Il en résulte que les phénomènes karstiques n'ont pu se développer en profondeur comme dans le Holokarst ou dans le type karstique des Causses ; leur évolution karstique s'épuise donc encore plus rapidement.

Il y a un phénomène presque exclusivement lié au type jurassien résultant de l'alternance des couches calcaires avec des couches imperméables. Une rivière après avoir creusé sa vallée à travers les couches calcaires supérieures et les marnes sous-jacentes, s'engage dans les calcaires inférieurs situés au-dessous des marnes ; d'où une renaissance du processus karstique à un niveau plus bas.

Les lapiés ou laissines sont rares et n'atteignent nulle part le développement extraordinaire des lapiés du Holokarst dinarique ou des plateaux calcaires de Alpes. Les dolines sont plus fréquentes, mais peu profondes, souvent en forme de baquet. Le trait le plus caractéristique de la morphologie superficielle sont les bassins fermés, correspondant soit aux uvalas, soit aux vallées fermées du Karst dinarique ; quoique parfois de dimensions considérables, ces bassins ne semblent offrir les caractères hydrographiques des poljes karstiques. Les formes souterraines du Karst, les jamas et les

grottes sont bien développées. Les jamas sont généralement moins profondes que dans le Holokarst dinarique; elles n'atteignent même pas, sauf exception, la profondeur des jamas du type karstique des Causses. Il n'y a aucune grotte dont la longueur s'approche de celle des grandes grottes dinariques. De même les cours d'eau souterrains et leurs résurgences n'atteignent pas la puissance de ces phénomènes dans le Holokarst.

A ce type karstique appartient le Jura, les massifs du Vercors et de la Chartreuse, près de Grenoble; les plateaux s'étendant au-dessus de la source de Vaucluse, entre les crêtes de Lure, de Léberon et le Mont Ventoux, avec leurs nombreuses jamas; les régions de calcaires jurassique et crétacique de Provence avec le bassin fermé du Plan d'Aups et de Cuges. En dehors de France, on peut ranger dans le type jurassien les massifs de calcaires jurassiques et crétaciques du Balkan occidental avec les bassins fermés de Smilovci et de Dragoman, les massifs carstiques dispersés de l'Albanie, ainsi que les parties les plus élevées de la montagne de Jaila, en Crimée; les plateaux karstique de Puglie et de Murgie formant l'arrière-pays de Bari et de Brindisi en Italie, ainsi que le Monte Gargano, constitués par des calcaires d'âge jurassique et crétacique; enfin les régions des Apennins où apparaissent des noyaux de calcaire crétacique.

Jovan Cvijić.