

D. R a d i n j a

CARACTÉRISTIQUES FONDAMENTALES DE LA KARSTI-  
FICATION EN SLOVÉNIE /NW DE LA YUGOSLAVIE/

Pour le karst classique de la Slovénie sont régionale-  
ment caractéristiques les plateaux karstiques au relief in-  
termédiaire plus bas, composé en majeure partie de couches  
imperméables tertiaires et autres. Ces rapports hypso-  
graphiques entre les reliefs karstique et fluvial attirent  
l'attention sur les caractéristiques morphogénétiques de  
base du relief entier.

À ces différences d'altitude il ne s'agit pas seule-  
ment de la dépendance de la structure tectonique, mais bien  
plus de la dépendance de la composition pétrographique de  
la surface et des processus morphogénétiques conditionnés  
par le climat. Les rapports hypsographiques actuels du re-  
lief pétrographiquement différents accordent en effet avec  
les processus morphogénétiques d'aujourd'hui, car la surfa-  
ce carbonatée dans le climat présent est plus résistante que  
les couches imperméables tertiaires et autres.

Pour les plateaux karstiques, il est en outre carac-  
téristique que vers les bords ils sont de plus en plus ap-  
planis. C'est pourquoi la découpe de la superficie au bord  
des plateaux est d'autant plus expressive et caractéristique.

A côté des aplanissements, au bord des plateaux sont interrompus aussi d'autres traits du relief; tous cependant restent tout simplement suspendus au-dessus du voisinage plus bas.

La découpe et la suspension du relief en plateau font observer que la superficie calcaire s'est formée en liaison large et fermée avec le voisinage imperméable, lorsque la surface carbonatée et non carbonatée étaient encore à la même altitude, et en bien des endroits la superficie imperméable était même plus élevée que la superficie karstique. Il est donc évident que la superficie des plateaux karstiques d'aujourd'hui s'est formée dans des rapports hypsographiques essentiellement différents de ceux d'aujourd'hui.

Des traces diverses appellent l'attention sur les rapports d'altitude autrefois différents entre les superficies karstique et imperméable. Parmi les formes de relief, cela est indiqué surtout par les vallées karstifiées qui traversent les plateaux karstiques. La genèse des vallées sèches est peut-être contestable à la lumière des processus érosifs et corrosifs. Il est cependant incontestable que les vallées karstifiées ont fait partie du relief fluvial ancien qui embrassait une superficie pédrographiquement différente et s'étendait au-delà des couches perméables et imperméables. Les vallées transversales délaissées ne témoignent pas seulement des rapports hypsographiques, mais font observer aussi la liaison ancienne entre les superficies karstique et fluviale.

Les rapports d'altitudes correspondants et la liaison de ce relief sont attestés aussi par les traces de l'accumulation fluviale qui s'est conservée sur la surface karstique jusqu'à nos jours memes.

Ces traces ne se trouvent pas seulement dans les vallées sèches, qui sont si caractéristiques pour le karst classique, mais encore sur le reste de la superficie karstique, surtout sur les terrasses et les aplanissements. Les recherches faites en Slovénie au cours des dernières années ont découvert des traces d'accumulation fluviale presque dans toutes les régions karstiques. Il y a tant de restes de ce genre que nous pouvons les ranger parmi les traits caractéristiques du karst classique /alpin et dinarique/. Mais ici nous devons considérer que sur les plateaux karstifiés ne s'est conservée qu'une partie insignifiante de l'accumulation. Ne se sont conservés que les matériaux fluviaux qu'en raison de leur composition silicatée la corrosion n'a pas pu anéantir, tandis que les additions carbonatées sont dissoutes. Les restes d'accumulation sont de ce fait réduits quant à leur étendue et surtout quant à leur structure. Il est donc compréhensible qu'il n'y a parmi eux presque exclusivement que des galets de quartz et du sable. Les graviers silicatés moins purs sont, par contre, fortement altérés.

Les matériaux fluviaux, qui se sont conservés sur la surface karstique, sont très importants pour la compréhension de la morphogenèse karstique. Il faut cependant être prudent dans l'interprétation, parce que la genèse de ces matériaux est très différente. Les études effectuées montrent en effet que les galets de quartz sont d'origine hétérogène et, si nous n'en tenons pas compte, les conclusions peuvent être très différentes et erronées.

Par endroits, les matériaux fluviaux se composent de galets de quartz qui ne sont rien d'autre que le reste de la couverture tertiaire ancienne, qui recouvrait les calcaires. Des conglomérats décomposés, qui étaient parmi la couverture, se sont détachés les gravières silicatés qui se sont maintenus à la superficie calcaire pendant tout le cours de la karstification. Ces gravières n'ont évidemment pas de liaison directe avec la genèse de la superficie karstique. Ils ont cependant leur importance, parce qu'ils indiquent une plus grande extension des sédiments tertiaires et évidemment la couverture imperméable qui recouvrait les calcaires.

Plus importants du point de vue morphogénétique sont les restes fluviaux qui furent apportés du voisinage imperméable. Ces sédiments allochtones sont aussi les plus nombreux sur la surface karstique. Ces matériaux proviennent en majorité dans les régions karstiques subméditerranéennes des couches de flysch voisines, dans les régions subpannoniennes des différents sédiments néogènes et, dans les régions karstiques de la Slovénie intérieure, ces restes proviennent pour la plupart des couches paléozoïk /conglomérats et grès/.

L'accumulation fluviale allochtone aussi est d'origine différente. Moins importante du point de vue morphogénétique est celle qui s'est formée par la démolition et l'enlèvement des couches clastiques grossières. La deuxième partie de l'accumulation allochtone se compose des galets qui se sont reformés à partir des roches silicatées compactes /par ex. les galets des couches de flysch/. Il s'agit ici des matériaux qui se sont formés lors du transport des matériaux silicatés et se sont en partie transformés appellent l'attention sur les processus fluviaux et

autres, qui se sont déroulés à la superficie calcaire elle-même.

La plus importante est cependant l'accumulation fluviale qui s'est formée à l'intérieur des régions calcaires. Il s'agit de matériaux fluviaux autochtones qui se sont formés à partir des rares intercalations silicatées, qui se trouvent entre les calcaires et les autres roches carbonatées /par ex. les silex et les limonites/. La signification morphogénétique des alluvions autochtones réside dans le fait qu'il s'agit de matériaux qui se sont formés exclusivement sur la surface calcaire. Ils nous révèlent les processus qui ont créé la superficie karstique. Ici, il est tout particulièrement important de noter qu'à côté des galets silicatés se sont formés aussi des galets carbonatés. Ces derniers ont cependant été détruits plus tard par la corrosion. La présence des galets carbonatés est attestée surtout par la porosité du conglomérat, dans lequel se sont conservés seulement les graviers silicatés, tandis que les graviers carbonatés ont été lessivés. C'est de là que provient la porosité caractéristique des restes de conglomérat, qui se sont conservés au coeur du Karst même.

Les restes de l'accumulation fluviale autochtone sur la superficie karstifiée prouvent qu'à la superficie calcaire se sont affirmés différents processus morphogénétiques, parmi lesquels il y avait sans nul doute aussi des processus fluviaux ou érosifs. En connexion avec cela se pose la question de savoir quelle part l'érosion a eue dans le processus morphogénétique entier, qui s'est déroulé à l'époque pliocène dans les régions calcaires du karst classique,

surtout par rapport à la corrosion. Il est clair cependant que l'interprétation érosive ou corrosive du karst classique ne peut plus être posée d'une manière alternative, mais tout au plus complémentaire.

En Slovénie, les restes de l'accumulation fluviale se sont conservés des plateaux karstiques les plus élevés au coeur des Alpes Juliennes /Komna/, où ils se trouvent à une altitude d'environ 2000 m, au karst le plus bas ou bord de la Plaine pannonienne /karst de Novo mesto/ et de la mer Adriatique /Karst proprement dit/, où ils sont à une altitude d'à peine 200 ou 300 m.

L'extension sur la surface karstique des restes fluviaux conservés montre plusieurs traits caractéristiques. Ces restes sont les moins nombreux sur les plateaux centraux plus élevés de la Slovénie intérieure, et les plus nombreux dans les régions karstiques plus basses des bordures subméditerranéenne et subpannonienne. Le volume des galets et du sable augmente donc de la Slovénie intérieure vers la bordure tertiaire. C'est en cette direction qu'augmente aussi la variété de l'accumulation fluviales.

Les matériaux paléofluviaux se sont conservés d'une manière différente sur la surface karstique. Par endroits, ils ne se composent que de rares graviers dans l'argile karstique, tandis qu'ailleurs sur la surface karstifiée il y a plus de galets de quartz, surtout dans les vallées sèches, et sur les aplanissements ils sont surtout dans les dolines. Par endroits, les gouffres karstiques aussi sont comblés de galets de quartz. À la bordure pannonienne, dans la surface karstique il y a de nombreuses poches de sables quartzeux purs /karst de la Basse Carniole/ en une quantité telle qu'on les exploite industriellement /sables de fonderie et de verrerie/.

Les galets de quartz, conservés sur la surface kartique, sont partout bien arrondis. Selon la méthode de Cailleux, il s'agit de l'arrondissement qui est caractéristique pour les sédiments qui se sont formés en climat chaud. Le pollen aussi, qui s'est conservé parmi les matériaux paléofluviaux /dans l'argile et les grès/ indique que l'accumulation fluviale s'est déposée en période chaude.

Dans les régions karstiques, les restes fluviaux sont localement sursédimentés en raison de la karstification postérieure. Comme les dolines sont sans nul doute d'âge pléistocène, il est évident que les restes fluviaux n'ont été dénudés que plus tard en dépressions karstiques.

Les restes de l'accumulation fluviale sur les plateaux karstiques d'altitudes différentes ne témoignent pas seulement de la liaison morphogénétique de la superficie calcaire et du voisinage imperméable, mais encore du fait qu'à l'époque pliocène les couches imperméables tertiaires et autres étaient en bien des endroits plus élevées que la superficie calcaire. Nous attribuons un tel rapport hypsographique entre les calcaires et le voisinage imperméable avant tout au climat pliocène chaud et humide, dans lequel la corrosion intensive abaissait plus vite la superficie carbonatée. Par contre, à l'époque quaternaire plus froide, surtout dans les périodes glaciaires, ce rapport s'est détruit, parce que la forte décomposition mécanique la surface avec l'érosion renforcée abaissa plus vite les couches tertiaires alors moins résistantes. Ainsi, les rapports hypsographiques centre les superficies carbonatée et non carbonatée furent toujours en accord avec les processus morphogénétiques conditionnés par le climat. C'est pourquoli il y

a eu relativement peu de relief inversé. Un exemple manifeste de ce genre de relief sont les hauteurs de flysch au bord du Karst proprement dit /Brkini/. Nous l'interprétons comme un reste des couches de flysch autrefois bien plus étendues, qui s'élevaient au-dessus des masses calcaires voisines /Nanos, Hrušica, Javorniki, Snežnik, Kras proprement dit/. Les processus exogènes conditionés par le climat étaient plus déterminants que les processus tectoniques au moment où le relief se formait. En ce qui concerne l'âge, nous rangeons ce relief dans le pliocène plus jeune et le pléistocène.

Les traces de l'accumulation fluviale conservées sur les plateaux karstiques ne témoignent pas seulement des rapports d'altitudes correspondants, mais encore d'une composition pétrographique de la surface différente. Au pliocène, le relief se composait de bien plus de couches tertiaires. Cela nous est attesté aussi par les restes de dénudation de ces sédiments, qui se sont conservés sur le relief fluvial et aux bords des plateaux karstiques /Trnovski gozd, Nanos, Snežnik, hauteurs du Posavje, etc./.

La composition pétrographique de la surface ne s'est pas transformée seulement par suite du soulèvement tectonique et de la dénudation revivée, mais en premier lieu en raison des changements climatiques. Les études effectuées montrent qu'au pléistocène se sont plus vite abaissées les couches tertiaires et imperméables en général. Dans cette période, les vallées se sont approfondies d'environ 150 m, alors que la superficie calcaire s'abaissait bien plus lentement. C'est pourquoi, vers la fin du pliocène, et surtout dans la période suivante du pléistocène, les régions calcaires se sont transformées en des plateaux de plus en plus expressifs.



En raison des processus érosifs et corrosifs déviés climatiquement, aux périodes pliocène chaude et pléistocène froide se sont donc transformés à la fois aussi bien la composition pétrographique de la surface que le rapport d'altitude entre les roches de part et d'autre. Mais les deux phénomènes avaient une signification déterminante pour le développement du relief karstique.

L'éloignement progressif de la couverture tertiaire et la dénudation du fondement carbonaté, ensemble avec les changements climatiques et les rapports hypsographiques modifiés entre les reliefs karstique et voisin, étaient parmi les traits les plus caractéristiques qui accompagnerent la karstification du karst classique en Slovénie.

Le trait fondamental suivant de la karstification est le fait que les calcaires dénudés étaient largement entourés et revêtus de couches imperméables. Dans les calcaires ainsi fermés, la circulation souterraine de l'eau ne pouvait pas non plus se déployer, sans considérer que dans la période pliocène chaude il n'y avait pas de conditions convenables pour la corrosion en profondeur, parce qu'alors se déroulait la corrosion intensive et à la fois rapide qui d'épuisait déjà en surface. Evidemment la corrosion en profondeur ou le creusement des calcaires à cette période était empêché aussi par l'hypsographie d'alors avec des calcaires plus bas et un voisinage imperméable plus élevé. Dans de telles conditions, l'hydrographie superficielle s'est tout le temps maintenue sur la surface carbonaté. C'est pourquoi la superficie calcaire au pliocène a été transformée par les processus qui réunissaient l'activité corrosive et érosive à la fois. L'érosion des eaux superficielles dirigeait la corrosion, en sorte que les régions calcaires restèrent

tout le temps ouvertes. Les conditions pour l'aplanissement des calcaires étaient alors aussi les plus favorables. Il en arriva à des formes superficielles fermées /des dolines, uvalas et poliés karstiques/ et la à perforation des calcaires seulement à la période pléistocène froide, lorsqu'avec l'abaissement du voisinage imperméable les calcaires furent largement ouverts et qu'en raison de son cours long la corrosion alla en profondeur. Nous estimons que dans la période où sur la surface karstique coulaient les eaux superficielles, donc à la phase antékarstique, la corrosion était plus intensive qu'à la période pléistocène. Donc, l'érosion et la corrosion ne se substituaient pas dans le temps et leur évolution, mais elles s'entrelaçaient directement à la période pliocène.

En raison de l'alternance des calcaires et des couches imperméables, les régions karstiques particulières étaient largement revêtues par la bordure imperméable et, par là, fermées, endiguées. L'évolution de la superficie karstique dépendait donc à ce point de vue aussi directement de la bordure imperméable. Et l'évolution du relief normal dépendait aussi du voisinage karstique. La liaison réciproque et la dépendance de l'un et l'autre relief étaient plus grandes que nous l'estimons ordinairement, surtout parce que nous étudions le relief karstique d'une manière trop isolée. Les parties carbonatées et non carbonatées de cette superficie se sont développées autrement que ce serait le cas si elles avaient été séparées dans l'espace et non liées dans leur évolution; pour cela le relief entier s'est développé autrement.

Sur la surface calcaire, on peut en effet suivre tout le temps les effets fluviaux et autres d'un voisinage différent du point de vue pétrographique, et sur ce voisinage, les influences morphogénétiques de la surface calcaire. Ici il ne s'agit pas seulement des particularités du relief au contact pétrographique direct, mais le relief de contact au sens plus large englobe les deux espèces de régions en entier. Cela ne vaut pas seulement pour le karst que les eaux traversaient et qui se trouve au milieu des couches imperméables, mais encore pour le karst qui avait un voisinage imperméable seulement d'un côté, soit d'arrivée soit d'écoulement.

Eu égard au développement hypsographique et à l'ancienne liaison hydrologique entre les calcaires et le voisinage imperméable, le développement du karst classique et particulièrement du relief de contact présente les caractéristiques suivantes.

Le premier type sont les "calcaires des sources", qui se sont développés au-dessus du voisinage imperméable. Sur ceux-ci il y a en général moins de superficie plane et les éminences prédominent, car sur ces calcaires on ne voit que les effets des eaux autochtones. Il y a plus de terrain plat aux endroits où les eaux calcaires ont exécutés des aplanissements de bordure à la hauteur du voisinage imperméable. C'est pourquoi la superficie est en entier suspendue vers la voisine.

La caractéristique des calcaires des sources est la série des formes à pignon: des vallées, des uvalas et des polés karstiques. Typiques sont surtout les vallées suspendues. Les aplanissements et les formes approfondies indiquent la hauteur de l'ancien revêtement imperméable.

Les traces d'alluvions fluviales sont exceptionnelles sur les calcaires des sources. Si elles sont conservées, elles sont autochtones.

Le deuxième type sont les "calcaires des confluents". A cause des anciennes eaux allochtones, sur ceux-ci il y a plus de superficie plus basse et aplanie. Au bord extérieur des alluvions allochtones, les eaux du voisinage imperméable ont corrodé et dissocié les éminences calcaires. Des aplanissements et des terrasses se sont formés, qui - en comparaison avec les calcaires des sources - avaient un écoulement d'eau opposé et qui sont de ce fait inclinés de la bordure imperméable vers le noyau calcaire. Avec l'abaissement différencié des deux espèces de roches, sur les calcaires se sont développées de vallées aveugles, des poliers karstiques de bordure et des terrasses de bordure.

Le troisième type sont les "calcaires transversaux", où il y a le plus de superficie plane. Les aplanissements sur les calcaires sont ordinairement continus. La superficie est inclinée dans une direction. Pour ces régions sont caractéristiques les vallées transversales et les cours d'eau transversaux qui dirigeaient l'aplanissement de la superficie. Sur les calcaires transversaux il y a aussi le plus de restes de l'ancienne accumulation fluviale. Parmi eux il y a certes le plus de matériaux allochtones, mais il y a aussi une accumulation autochtone.

Les régions calcaires sont encore aujourd'hui dans la position qui correspond aux diverses phases de l'évolution passée. Il y a même des exemples qui sont caractéristiques pour l'hypsographie pétrographique pliocène avec un ter-

tiaire plus élevé et des calcaires plus bas. Mais dans la plupart des cas les conditions actuelles sont telles que le bord imperméable est abaissé et que les calcaires du karst classique sont largement ouverts.

Avec la formation des différences d'altitudes entre les calcaires et le voisinage s'est relâchée la liaison morphogénétique directe des deux espèces de régions. Ainsi il en est arrivé aussi à des aplanissements corrélatifs aux bords calcaires. La stagnation des masses calcaires et la destruction intensive du voisinage imperméable ont mené à la squelettisation du relief.

Par suite de l'abaissement corrosivement uniforme de la surface, sur le karst classique se sont conservées les formes plus anciennes, héritées, qui s'étaient à la période pliocène chaude et qui présentent les traits du karst tropical. Dans les dépressions karstiques démembrées et fermées et la porosité des calcaires se manifestent les caractéristiques du karst périglaciaire. Dans l'entrelacement des deux formes résident donc les principales caractéristiques du karst classique.