

## PROBLEMES POSES PAR LA MORPHOLOGIE DE L'OLYMPE (Grèce). LA FORMATION DU RELIEF ET LES TRACES DU FROID QUATERNAIRE \*

PAR

L. FAUGERES,

Attaché de recherches au C.N.R.S.,  
Laboratoire de Géographie physique, Institut de Géographie, Paris.

**Résumé.** — Parmi les nombreux problèmes posés par la morphologie de l'Olympe, celui de l'accentuation du relief au cours du Quaternaire est particulièrement retenu. Par l'analyse des données climatiques actuelles et une comparaison avec celles que l'examen des vestiges de périodes froides passées permet de reconstituer, grâce à l'observation des formations détritiques conservées dans la montagne ou accumulées sur les piémonts, il est possible d'établir une chronologie des formes et dépôts. Certaines datations sont proposées.

Une phase tectonique majeure se situe à la limite du Quaternaire ancien et du Quaternaire moyen : l'effondrement égéen est donc relativement précoce en Macédoine. La surrection postérieure semble avoir été fort modeste en comparaison. La médiocrité des traces glaciaires est mise sur le compte d'un assèchement du climat pendant les dernières périodes froides.

**Abstract.** — Among the many difficulties arising from the morphology of Olympus, that of the accentuation of the relief throughout the quaternary period will especially hold our attention. By studying present climatic data and by comparing them with those given by an examination of the remains of the cold periods, by analysing the detritic formations preserved in the mountain or heaped up at the foot of the mountain, a chronology of the forms and deposits can be established. Certain dates are proposed here.

A major tectonic phase is to be found at the limit between the ancient and the middle quaternary period : the egean subsidence is, therefore, relatively precocious in Macedonia. The later upheaval would seem to have been, comparatively, quite modest. The mediocrity of glacier traces is explained by the drying up of the climate during the last cold periods.

Resté longtemps très mal connu, peut-être en raison de cette vigueur impressionnante qui a fait naître tout un cycle de légendes au cours des temps anciens mais qui a pu ensuite rebuter bien des énergies, le plus haut sommet de la Grèce vient de faire l'objet pendant les dernières années d'une série de travaux importants. Ceux-ci fournissent les données essentielles dont on manquait pour une analyse morphologique détaillée de cette montagne. Bien que conduites sans liaison, ces études, par un hasard heureux, abordent l'Olympe selon des directions complémentaires, puisqu'elles touchent aussi bien la géologie que la paléontologie, la botanique, la météorologie et la morphologie.

La récente thèse soutenue par I. GODFRIAUX a donné pour la première fois une description rigoureuse de la série sédimentaire de l'Olympe et précisé la nature de ses relations avec les terrains cristallins environnants. Elle contient la

\* Communication du 28 janvier 1969.

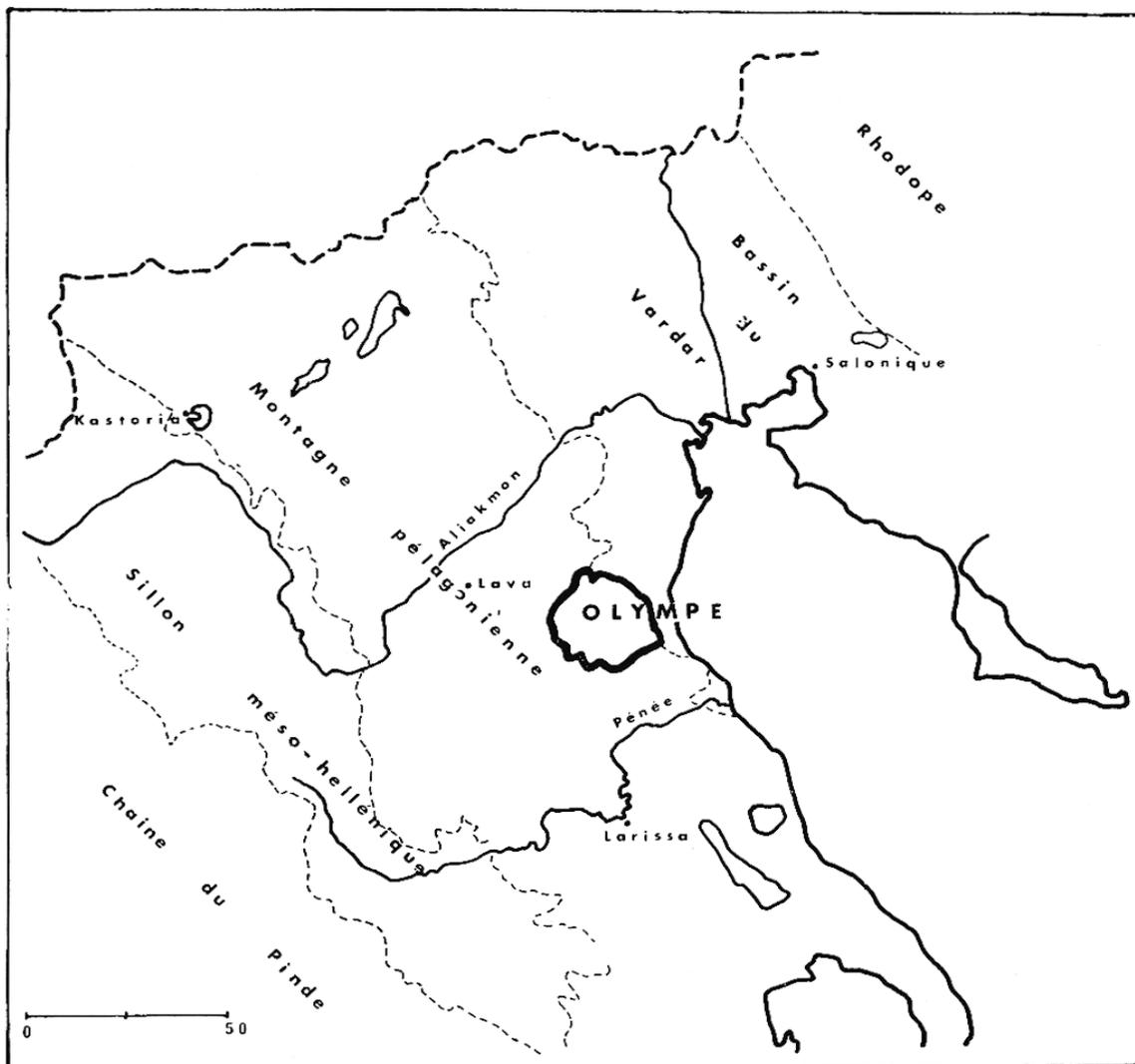


FIG. 1. — Croquis de localisation.

découverte la plus étonnante que la chaîne des Hellénides ait réservé depuis une vingtaine d'années. En effet, la série de l'Olympe, constituée par près de 3 000 m de calcaires et calcaires dolomitiques, débutant au Trias et s'achevant par un flysch à Nummulites, a pu être assimilée à celle du Parnasse. L'Olympe appartient donc au domaine des zones externes de la chaîne. Son affleurement actuel au sein des zones internes (zone pélagonienne, dont les matériaux essentiels sont les schistes cristallins et marbres) ne peut s'expliquer que par des mouvements tangentiels d'une ampleur considérable. L'Olympe a été recouvert, à l'Eocène terminal par une gigantesque nappe de socle : on peut le vérifier à la périphérie de la montagne où les gneiss, schistes et marbres reposent sur les calcaires de l'Olympe par l'intermédiaire de niveaux très écrasés. Le bombement ultérieur en un anticlinal lourd mais de flèche importante (plusieurs milliers de mètres) a rendu possible le déblaiement des schistes par l'érosion, puis la mise en valeur et le début de l'écorçage du dôme calcaire. L'Olympe offre un bel exemple de fenêtre tectonique et d'inversion de relief.

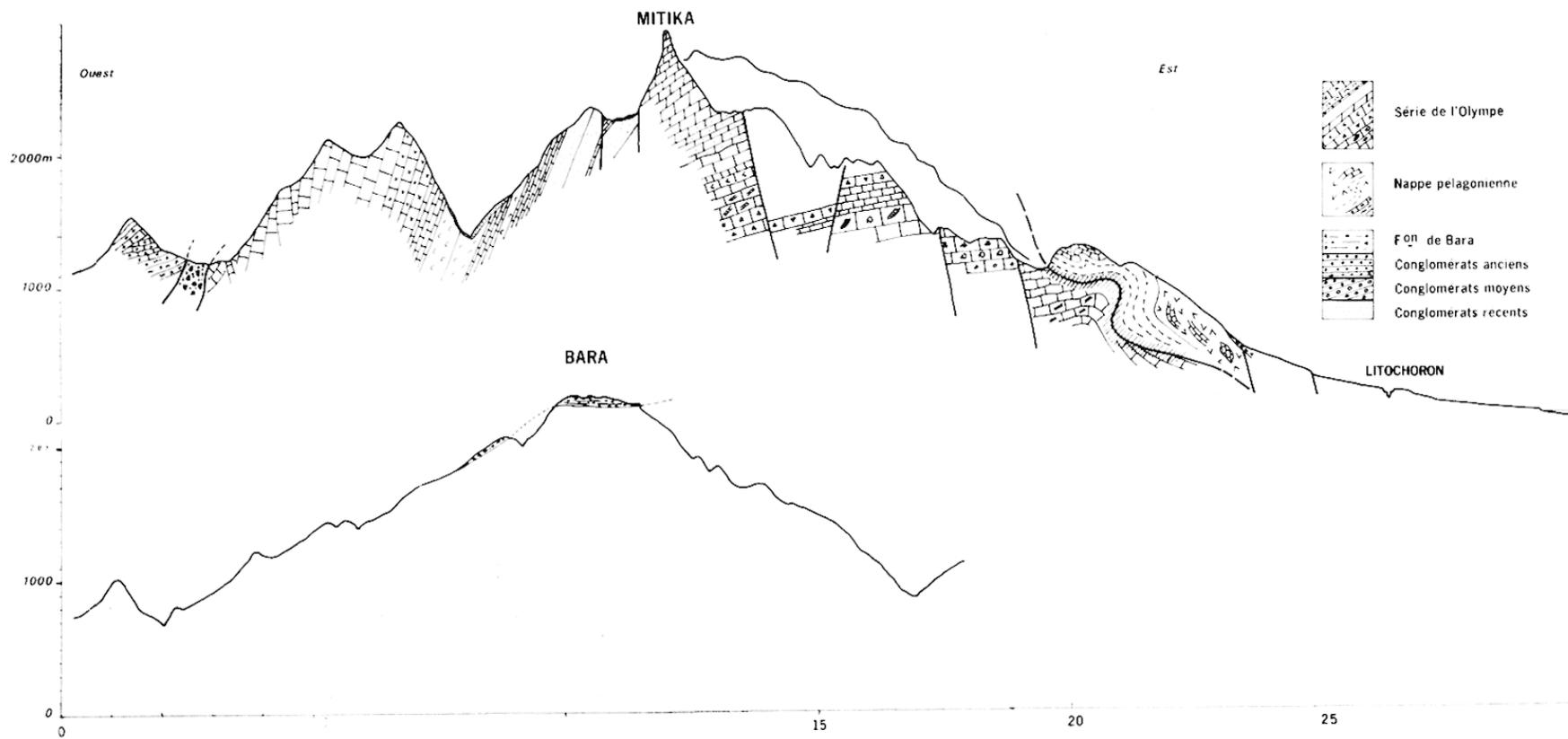


FIG. 2. — Coupes de l'Olympe.

Aujourd'hui, dominant de haut les étendues cristallines, culminant au Mitika (le Trône des Dieux) à 2917 m, l'Olympe est devenue la Montagne par excellence, celle dont la beauté et la majesté a toujours frappé l'imagination des hommes. Puissante et lourde, isolée et unique, coupole dont les sommets se perdent le plus souvent dans la neige ou les nuages, la montagne de l'Olympe présente cependant deux visages. Vers le nord, l'ouest et le sud, elle s'élève sans transition, mais par des pentes régulières où l'érosion a peu mordu, au-dessus des lourdes surfaces et des bassins de la montagne pélagonienne, étagés entre 700 et 1600 m. Vers l'est et le NE, le relief montre au contraire une brutalité incomparable, s'élevant d'un jet de la mer jusqu'aux sommets, échanuré par les gorges de torrents vertigineux et chaussé seulement à proximité des rivages par le maigre trottoir des cônes égéens. Dans la partie la plus élevée de la montagne, on est très surpris de trouver un paysage d'allure calme, versants émoussés et cols adoucis qui s'achèvent d'un coup au-dessus des cirques et ravins.

La dissymétrie de l'Olympe, l'existence d'une topographie émoussée ancienne vers les sommets, ne sont que deux questions, parmi beaucoup d'autres, posées par la morphologie de cette haute montagne, domaine privilégié pour l'observation des interactions complexes entre lithologie, néotectonique et climats successifs du Quaternaire. Au cours de l'été 1968, nous avons pu parcourir longuement les versants occidentaux et orientaux et séjourner dans la zone élevée. Nous avons successivement examiné les points suivants : d'abord, le climat et la morphogenèse actuels de la haute montagne, ensuite, les marques laissées par les périodes froides passées, enfin, constatant la modestie des effets de ces dernières, nous avons dû poser la question de l'âge et des étapes de la formation du relief. Nous avons utilisé pour cela les importants dépôts conservés en altitude, ainsi que les formations des piémonts, particulièrement développées à l'est ?

Les remarques présentées ici sur la morphologie de l'Olympe ont un caractère encore provisoire. Partielles, nos observations ont été volontairement limitées à des aspects précis des paysages. Nous avons essentiellement cherché à établir les modalités et le rythme de la formation du relief olympien. L'étude du climat actuel, auquel nous ferons simplement allusion, l'étude des empreintes des climats passés, celle de la mise en place des formations détritiques, ne figurent ici qu'à titre d'arguments dans le raisonnement. Nous pensons ainsi apporter quelques éléments nouveaux à une réflexion déjà ancienne, celle qui porte sur l'effondrement égéen et ses interférences avec les variations climatiques en Méditerranée au Quaternaire.

## I. — MORPHOGENÈSE ACTUELLE ET PASSÉE DANS LA ZONE DES SOMMETS.

### 1. CLIMAT ET MORPHOGENÈSE ACTUELS.

Une telle description est d'un intérêt essentiel si on veut reconstituer sérieusement les conditions climatiques régnant dans l'Olympe au cours des périodes froides quaternaires. Au cours de celles-ci, l'étagement actuel d'altitude s'est abaissé le long des versants jusqu'à des niveaux variables où leur trace doit être visible sous des formes comparables à celles qui sont observées de nos jours vers les sommets. Si la trace est bien visible, et que d'autres formes plus froides se soient réalisées et conservées dans le domaine plus élevé, on pourra apprécier l'importance du refroidissement correspondant. Si elle n'est pas évidente, et si rien n'explique sa disparition éventuelle, il faudra conclure soit à une moindre altitude de la montagne à l'époque considérée, soit à un refroidissement insuffisant, soit encore à un assèchement du climat...

Notre connaissance des hauts sommets de l'Olympe est encore très imparfaite du point de vue strictement climatique, car le dépouillement des données de l'observatoire ne commence qu'à peine, mais l'étude des formes actuelles et de la végétation la complètent heureusement. L'Olympe apparaît ainsi comme une montagne froide en dépit de la latitude (en comparaison, par exemple, avec le Grand Sasso), et relativement humide en dépit de sa position interne, grâce à la proximité de la mer Egée. Celle-ci entretient sur le versant oriental une humidité relative importante qui autorise la croissance d'arbres assez délicats et crée une forte dissymétrie végétale entre les deux versants. L'enneigement est, de nos jours, important et durable : huit mois sur douze à 2 500 m, bien que l'ensoleillement soit considérable. Il n'existe cependant aucune neige permanente, la limite théorique des neiges persistantes se situant bien au-dessus de 3 000 m. La morphogenèse actuelle porte une marque périglaciaire indéniable : les formes liées à la gélifraction (éclatement des roches, éboulis vifs), à la cryoturbation (sols bourgeonnants, striés, polygonaux), à la solifluction (versants en gradins), la nivation, la déflation... sont très nettes, même si leur ampleur peut paraître faible. L'eau courante, par contre, ne joue pratiquement aucun rôle en raison de la karstification.

Mais il s'agit d'un climat périglaciaire original, où les divers agents morphogénétiques interviennent de manière discontinue, en se relayant au cours de l'année. Périglaciaire au sens classique, l'Olympe ne l'est qu'en hiver, par son gel profond qui atteint les roches les plus résistantes et par sa couverture de neige épaisse, mais morphologiquement, il n'évolue qu'aux périodes intermédiaires. En hiver, le froid trop vif et régulier (amplitude très réduite des températures) bloque la morphogenèse mis à part les falaises sommitales toujours nues. En été, l'absence d'eau, la faible amplitude des températures, limitent l'évolution à la proximité immédiate des plaques de neige. Les saisons les plus efficaces sont l'automne et le printemps, car en Grèce du Nord le changement de saison est marqué par des rencontres de masses d'air très contrastées (air anticyclonal eurasiatique, air subtropical, entre lesquels se glissent les dépressions venues de l'ouest). La suprématie du printemps dans le bilan morphogénétique est sans doute moins sensible ici que dans d'autres montagnes méditerranéennes, car les irruptions d'air froid automnales sont bien plus brutales que le réchauffement printanier, encore régularisé au niveau du sol par la couche de neige. Mais cela doit être compensé en partie par l'abondance de l'eau au printemps. Le front de fonte de la neige qui balaie toute la haute montagne pendant cette saison est une zone étroite mais très sensible dont on peut mesurer l'efficacité morphologique jusqu'au cœur de l'été autour des derniers restes de neige.

On peut essayer d'imaginer les conditions qui ont régné dans l'Olympe au moment des grands froids européens. D'après les rares chiffres disponibles (en 1964, par exemple, à 2 800 m, température moyenne de juillet : 6°4, amplitude : 3°6), un abaissement des températures bien inférieur aux chiffres communément admis pour la dernière phase froide mettrait les neiges des sommets à l'abri de toute fonte<sup>1</sup>. On devrait donc s'attendre à trouver dans l'Olympe des formes fossiles très froides et une marque glaciaire puissante.

## 2. LES VESTIGES DES PÉRIODES FROIDES : CIRQUES, GLACIERS, MORAINES.

Des traces indiscutables d'un froid plus vif existent dans l'Olympe. Les névés, la glace, actuellement absents, ont créé des formes plus ou moins conservées

1. Depuis 1963, MM. LIVADAS et ANGOURIDAKIS dirigent pour le compte de l'Université de Salonique un observatoire très complet installé à 2 800 m d'altitude. Ils ont bien voulu nous laisser consulter leurs relevés, dont le dépouillement commence à peine.

selon leur âge, les plus anciennes étant oblitérées soit par la gélifraction, soit la karstification, actuelles ou anciennes. Les plus distinctes de ces formes sont constituées par des cirques dont le fond a conservé les débris de l'attaque des parois, ce qui permet d'après le volume et la disposition de ceux-là de reconstituer l'intensité du froid et les modalités de son action passée.

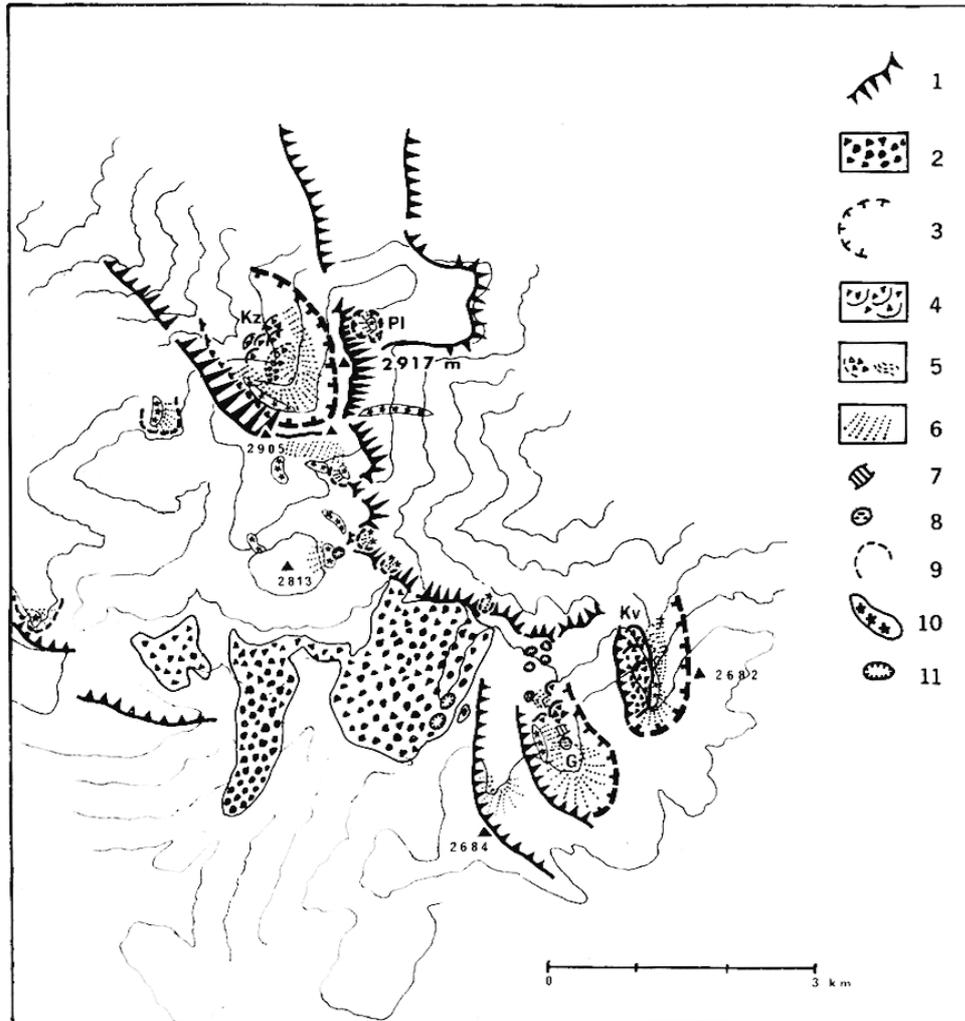


FIG. 3. — Morphologie des sommets de l'Olympe.

1. Escarpement monoclinial. — 2. Brèches et conglomérats de Bara. — 3. Cirque glaciaire. — 4. Moraine évoluée (Würm). — 5. Moraine fraîche, récente. — 6. Eboulis récents et actuels. — 7. Verrou. — 8. Ombilic. — 9. Niche de nivation. — 10. Flaques de neige estivales. — 11. Doline.

Equidistance des courbes : 200 m.

Abréviations : KZ : M. Khanzania. — KV : Kavos. — G : Gournis. — PI : P. Ilias.

Les cirques sont au nombre de quatre, dispersés dans tout le massif. L'altitude de leur fond est variable (de 2 150 à 2 500 m), leur forme également. Le terme de cirque fait d'ailleurs illusion : un seul (cirque du Mitika ou Gournis Ilias) est une véritable cuvette fermée, deux autres (cirque de Mégali Khanzania et cirque du Kavos) ont un bassin supérieur très encaissé de forme circulaire mais sans contre-pente à l'aval, le dernier (cirque de Gournis) n'est qu'une ancienne vallée à bassin de réception bien dessiné, remodelée par la morphogenèse glaciaire ou nivale.

Enfin, le petit cirque de Micri Khanzania, signalé par CVIJIC, n'est en réalité qu'une encoche peu profonde qui conserve la neige tardivement en été, mais n'a gardé aucune trace d'épisode antérieur. Sur cet ensemble médiocre, deux cirques seulement portent une marque glaciaire forte, un est d'allure davantage péri-glaciaire que glaciaire, le dernier doit autant à la dissolution qu'à l'action des glaces. Le seul point commun est la position de toutes ces formes, protégées à l'ouest et au sud par des barrières rocheuses et ouvertes au nord ou au N-E.

A. — *Le Mégali Khanzania.*

Ce cirque est le plus spectaculaire : il constitue un gouffre de 600 m de profondeur entre les falaises du Mitika et celles du Skolion. Le volume montagneux enlevé a été évacué par le torrent Xérolakki et accumulé en cônes encore bien visibles au pied du versant septentrional de la montagne. Vu de l'arête du Skala, à la verticale, le fond du cirque présente une déclivité irrégulière jusqu'à de larges affleurements arasés de calcaire dolomitique qui constituent sa limite



PHOTO 1. — *Vue du sud du cirque de Megali Khanzania, depuis les sommets.*

Fond du cirque occupé par des accumulations très fraîches, grossières et les éboulis subactuels et actuels. A l'aval, moraines très émoussées, gazonnées.

inférieure. Au-delà, les torrents s'abaissent brusquement : s'il n'y a pas contre-pente il y a du moins rupture de pente très nette. Cependant, le plancher du cirque montre des accumulations de débris qui semblent particulièrement modestes eu égard au développement des falaises et à la disposition favorable du pendage des couches (monoclinal favorisant le glissement de pans entiers de la falaise du Mitika). A la périphérie, les falaises sont enfouies à leur base sous des manteaux d'éboulis dont la majeure partie doit être relativement ancienne, mais qui continuent à se nourrir, à la partie supérieure, des débris arrachés par

la gélifraction actuelle et qui glissent sur les plaques de neige. Au centre du cirque, une accumulation distincte doit être d'une origine différente : il s'agit d'une sorte de moraine, formée par un matériel extrêmement grossier, en vrac, et dont la convexité n'est pas exactement située dans l'axe du cirque. A l'arrière se trouve une zone déprimée, en cuvette très régulière comme l'indique le dispositif des ruissellements qui convergent en son centre avant de franchir le bourrelet de la moraine. Cette disposition évoque très nettement la fusion sur place d'un culot de glace morte, conservée longtemps après la phase du froid maximal qui est responsable de l'accumulation des blocs arrachés principalement à la muraille orientale. Cette phase aurait été suivie d'un ralentissement très net de la gélifraction qui n'aurait arraché que des débris de plus petit calibre, ceux qui ont recouvert presque entièrement la première accumulation. La fonte serait intervenue après cet épisode. La fraîcheur des formes, en particulier la netteté de l'arête morainique, l'absence de végétation obligent à imaginer un âge très récent : ce seraient là les traces d'une pulsation néowürmienne ou même postglaciaire.

Plus bas, au-dessous de la moraine fraîche, on trouve des accumulations plus anciennes, aux formes indécises, et colonisées par la végétation : ces moraines basses seraient les vestiges d'un épisode nettement plus ancien, qui est probablement le Würm proprement dit. Tout à fait à l'aval, rien ne prouve que l'allure arasée des calcaires soit autre chose que l'action de la dissolution<sup>2</sup>.

#### B. — *Le cirque de Kavos.*

Ce cirque est taillé, d'une manière moins énergique, mais encore très nette dans le sommet du Kalohiéros (2 701 m) dans la partie sud du massif. Des falaises abruptes encadrent une cavité dont le plancher est encombré (à la différence du précédent, presque vide) par une énorme moraine dissymétrique. Celle-ci, détachée du fond du cirque, l'est aussi de la paroi orientale. Elle est formée par une accumulation de blocs hétérométriques, anguleux, disposés en vrac. La topographie de la moraine est assez massive, mais chaotique dans le détail, elle a subi une longue évolution : formes émoussées, angles des blocs adoucis par dissolution, traces de corrosion. L'ensemble paraît assez fortement cimenté et une végétation composée principalement de *Festuca varia* l'occupe en entier. L'épaisseur est de 50 à 80 m. Dans le sillon ménagé entre cette moraine vieillie et la paroi orientale, on observe des accumulations peu épaisses, aux formes tout à fait fraîches, très anarchiques, sans aucune végétation et formées de débris d'un calibre réduit. Ces minuscules moraines en chapelet semblent se raccorder aux manteaux d'éboulis qui tapissent la base des parois.

Ces formes, malgré le contraste du volume et de la disposition, apparaissent homologues de celles du Khanzania : les moraines appartiennent à deux générations bien distinctes dont les produits sont dans un état semblable. La haute moraine doit représenter ici une période froide relativement ancienne : le Würm probablement. Les débris arrachés à la paroi orientale, la seule élevée, devaient glisser sur la surface inclinée d'une langue de glace dissymétrique, très épaisse au pied de la même paroi. La fusion de cette langue peut seule expliquer le hiatus existant entre cette paroi et la moraine. Lors d'une pulsation postérieure, le sillon longitudinal a servi d'abri à des névés ou petits culots de glace sur lesquels les débris s'accumulèrent. La fonte de la glace explique la topographie désordonnée de ces petites moraines.

---

<sup>2</sup> B. MESSERLI signale des formations épaisses à une altitude plus basse, dont l'interprétation mérite d'être reprise.

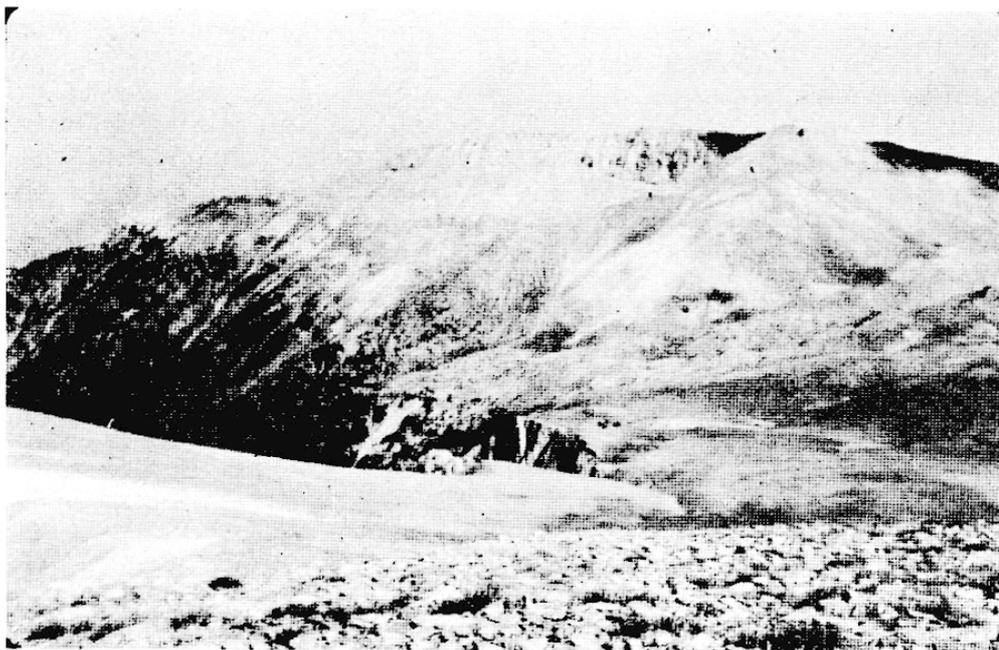


PHOTO 2. — *Vue du NW sur le col de Bara et le groupe des sommets méridionaux.*

Au premier plan, plaquettes gélifractées de dolomie grises. Au second plan, l'ancienne vallée de Bara, qui se prolonge vers l'ouest, et se trouve suspendue vers l'est au-dessus de la vallée de l'Enipevs. Le plancher de la vallée est occupé par les brèches et conglomérats de Bara, qui forment une petite corniche au-dessus des à-pics orientaux. A l'arrière-plan, retouches glaciaires : cirque de Kavos à gauche, partie aval de la vallée de Gournis à droite.

A l'heure actuelle, la gélifraction n'intéresse plus de façon notable que la partie supérieure des parois : les fragments de roche ont tendance à s'y rassembler dans des couloirs qui ravinent la pente et aboutissent en bas à de petits cônes, superposés aux talus d'éboulis de la dernière pulsation.

### C. — *Le cirque de Gournis.*

Le cirque de Gournis, tout proche, présente une dissymétrie inverse : le versant le plus abrupt se trouve à l'ouest et les moraines les mieux conservées sur le flanc oriental. Ce n'est en fait qu'une vallée peu creusée et pourtant les traces d'une évolution glaciaire y sont nettes. On observe dans cette vallée un beau verrou, derrière lequel se trouve une zone basse tapissée de dépôts plus fins. Toute la partie amont de la vallée possède un modelé périglaciaire : versants à éboulis de gravité, versants en gradins, éboulis actuels au pied des falaises à l'ombre, sapées par les flaques de neige. Tous ces aspects sont postérieurs à la période où s'accumulèrent les glaces et les névés responsables de la formation des deux catégories de moraines conservées à l'aval du verrou.

Sur le flanc droit de la vallée, et formant un replat surélevé, on note une vieille moraine très évoluée, de forme massive, à la surface régularisée. Ce matériel paraît avoir barré la vallée, où il ne montre plus dans l'axe, actuellement, qu'une faible épaisseur. Vers l'aval, cette moraine vient mourir, en un saupoudrage de blocs, sur une barre calcaire usée. L'ensemble se présente donc comme une

ancienne moraine frontale mal venue, son allure fait penser aux moraines basses du Khanzania. L'explication n'est pas très évidente : le volume de la vallée amont n'est pas tel qu'il ait pu nourrir une langue de glace importante et active. On imagine plutôt un petit glacier rocheux, enseveli sous les débris, ne permettant qu'un déplacement minimum, l'accumulation se faisant presque sur place.

Nettement en contrebas de cette moraine, et cette fois dans l'axe de la vallée, on observe des accumulations peu volumineuses, qui montrent une grande fraîcheur. Le matériel est peu évolué, la disposition chaotique, la topographie très désordonnée, la végétation absente. On se demande d'où vient le matériel. Moraine de névé ? Mais le versant le plus proche ne possède ni falaise ni cavité, il est de pente plutôt médiocre et de plus exposé plein sud. Langue de glace ? Mais comment expliquer la conservation de la moraine qui barre la vallée en amont. Il est bien possible qu'il s'agisse seulement d'éboulis banaux venus s'accumuler dans la dépression au pied de la plus ancienne moraine. La topographie désordonnée pourrait très bien résulter d'une karstification intense : on voit nettement une doline attirer les cailloutis, leur donnant l'allure de cordons convexes. L'oblitération des vestiges froids par le karst apparaît encore mieux dans la partie inférieure de la vallée : vue de loin cette zone simule, à s'y méprendre, l'abrasion glaciaire, formes arrondies, arasement de la roche, contre-pentes, ombilics. Cependant, le volume du cirque amont est bien insuffisant pour avoir nourri une langue capable de s'avancer aussi loin. Dans ce cas, il aurait fallu que l'Olympe fût couvert de glace en bien d'autres endroits, et on en verrait les effets, ce qui n'est pas le cas. Cette topographie est donc d'origine karstique. Ajoutons que dans son retrait la glace aurait dû abandonner des débris dans les creux qui à l'heure actuelle en sont vierges. Ce sont en fait des dolines, dont la multiplication est liée, ici, à une roche plus soluble, et plus diaclasée.

### C. — *Le cirque de Gournia Ilias.*

Le cirque de Gournia Ilias est la forme de cirque la plus belle, en même temps que la forme la plus ambiguë.

Il s'agit, au pied de la paroi orientale du Mitika, d'une cuvette pratiquement circulaire dont le diamètre atteint 700 à 800 m et la profondeur 200 à 250 m. Le cirque est nettement dissymétrique : du nord et à l'est, les versants sont constitués de pentes modelées en terrassettes ; vers le sud et l'ouest, la roche affleure, inclinée vers l'ouest, dont les bancs de résistance variable donnent autant de corniches ou de talus adoucis. Dans les périodes plus froides, ce « trou » a certainement constitué un piège idéal pour la neige qui a dû s'y accumuler et former un épais culot de glace. De nos jours, en août, en contrebas du Mitika dont les débris glissent en talus d'éboulis mobiles vers le fond du cirque, la neige subsiste encore en plaques sous les corniches. Mais les talus d'éboulis qui tapissent les versants du cirque ne sont qu'en partie actuels car ils montrent des formes de tassement. Dans le fond même du cirque, la roche nue apparaît comme rabotée. Mais à supposer qu'un flot de glace en soit responsable, celui-ci s'est montré étonnamment discret pour respecter le mince mur rocheux qui sépare encore le cirque des abrupts vertigineux du bassin de l'Enipevs. Le volume des débris dans le fond du cirque est là encore anormalement faible. On ne peut s'interdire de penser qu'une bonne partie a été digérée par la dissolution. Le cirque lui-même est une immense doline qui a été occupée à toutes les périodes froides par des bouchons de glace épaisse, impuissants à nourrir une quelconque langue glaciaire. Il manque tout autour la topographie de hauts versants qui alimente ailleurs le cirque et provoque la mise en mouvement vers l'aval.



· PHOTO 3. — *Cirque-doline de Gourna-Ilias vue du Nord, au pied oriental de la falaise du Nitika.*

A l'arrière-plan, cirque du Kavos à gauche et vallée de Gournis à droite.



PHOTO 4. — *Accumulations vues du nord à l'aval de la vallée de Gournis.*

Moraines massives et évoluées en amont. A gauche, en contrebas, moraine très fraîche, dont le désordre topographique est accentué par la karstification (doline au centre, premier plan).

Au total, on peut dire que l'englacement de l'Olympe pendant le Quaternaire récent a été extrêmement modeste. Jamais il n'a débordé sérieusement hors des quatre ou cinq secteurs les mieux protégés de l'Olympe. Parmi les formes observées, il n'existe aucun bel appareil, et on peut affirmer que dans cette montagne il n'y a jamais eu de véritable langue glaciaire du type alpin. Dans le meilleur des cas, il s'agissait de glaciers de cirque, très vite enfouis sous les débris des versants, devenus glaciers rocheux et immobiles jusqu'à la fonte. La phase qui a vu le développement de ces formes est relativement ancienne, elle suppose un froid vif mais une humidité plutôt réduite. Cette phase doit correspondre avec le Würm d'Europe centrale. Postérieurement, une pulsation très minime est intervenue, dont la fraîcheur suggère un âge néowürm ou même plus récent.

On peut s'étonner de cette médiocrité du fait glaciaire dans l'Olympe. A l'échelle de la Grèce seulement, on sait que le Parnasse montre des formes beaucoup plus nettes malgré une altitude inférieure<sup>3</sup>. Le Taygète a possédé un appareil glaciaire, modestes certes, mais dont la moraine frontale est très bien venue<sup>4</sup>. Quant au Pinde, il a supporté de véritables petits glaciers. En Italie, le Grand Sasso a connu un englacement assez large en dépit de températures moins froides et d'une humidité qui ne nous a pas semblé supérieure.

Il faut donc envisager les raisons de cette situation. Il existe dans l'Olympe des facteurs défavorables à l'accumulation des neiges et des glaces : altitude des fonds de cirque relativement basse par rapport aux sommets, superficie étroite des zones élevées, topographie ouverte, ventilation... mais ces facteurs se retrouvent dans plusieurs montagnes citées plus haut. On peut penser à un assèchement du climat : lors des régressions, une bonne partie du nord du bassin égéen a dû émerger, en particulier le golfe thermaïque et le golfe de Thrace. L'efficacité des perturbations de NE a dû subir une sérieuse atteinte, mais cela peut-il compenser le gain provoqué au Würm — où la circulation atmosphérique n'a pas été sensiblement modifiée — par la descente du front polaire vers des latitudes plus basses ? Il est vrai que la mer Adriatique et le bassin occidental de la Méditerranée diminuaient aussi de façon notable, mais le gradient d'accroissement des pluies en fonction de l'altitude aurait été nettement plus important que de nos jours. Le bilan est donc difficile à établir et il faut dans ces conditions envisager une dernière hypothèse. Nous en proposons maintenant la discussion. Il s'agit de voir si l'altitude actuelle n'est pas le résultat de mouvements récents, ce qui expliquerait l'absence de traces de froid ancien bien marquées, et la faiblesse de celles des froids plus récents. Or, les hautes surfaces de l'Olympe ont conservé des formations anciennes qui sont peut-être un argument décisif en faveur de cette hypothèse...

## II. — LA FORMATION DU RELIEF.

### LES BRÈCHES ET CONGLOMÉRATS DE BARA.

Les multiples chercheurs qui ont parcouru l'Olympe ont toujours négligé ou sous-estimé l'importance des formations détritiques qui tapissent le col de Bara<sup>5</sup>, vaste selle située entre le groupe des sommets culminants au nord et le groupe des hauteurs méridionales de l'Olympe. Les brèches de Bara forment pourtant un ensemble très important, épais de 40 à 50 m au maximum dans l'axe du col, s'amincissant vers les hauts versants qui l'encadrent au nord et au sud, se terminant en corniche au-dessus du cirque torrentiel de l'Enipevs.

3. Communication orale de P.Y. PÉCHOUX.

4. Communication orale de J.J. DUFFAURE.

5. Pour H.E. SCHNEIDER, il s'agit de fluvioglacière dont l'âge n'est pas déterminé ; pour B. MESSERLI, de dépôts liés à la présence de névés.

Le matériel se distingue d'emblée de celui qui jonche les autres versants ou sommets de la montagne, qu'il soit morainique ou actuel. Trois caractères essentiels : l'éboussé, la disposition plus ou moins stratifiée, la cimentation très poussée, indiquent la formation des débris dans un système morphogénétique original, la mise en place dans un milieu où l'eau jouait un rôle important, enfin l'ancienneté du dépôt.

L'éboussé varie considérablement selon les lieux ; vers le haut des versants, il est faible, parfois à peine sensible. Mais la distinction est aisée avec les éboulis actuels, en plaquettes minces, pourvus d'angles toujours vifs, car — usure originelle ou dissolution — les fragments des brèches ont une forme plus massive.

Il s'agit bien de brèches ; tous les éléments anguleux sont pris dans un ciment calcaire très solide. L'évolution actuelle tend à le désagréger, du moins en surface, où on voit des fragments encore solides de brèches glisser sur les versants en terrassettes. A la faveur de ravinements, on observe la disposition en nappes grossièrement parallèles, de calibre plus ou moins grossier, plus ou moins cimentées, inclinées de 20 à 30°, fossilisant l'ancien versant plus raide que l'actuel. On peut donc parler de brèches de versant grossièrement litées. Ces aspects font imaginer un climat assez froid et suffisamment humide.

Vers le bas des versants, l'usure des débris s'accroît nettement : il n'est pas rare de trouver des cailloux parfaitement ronds. L'usure chimique peut-elle rendre compte de formes aussi régulières, surtout lorsque les galets sont pris dans la masse ? Nous pensons qu'il y a donc eu transport et usure mécanique. Mais le transport devait revêtir des modalités particulières car, dans l'ensemble, le calibre est très hétérogène, encore fort grossier, et l'éboussé reste assez modeste. Là encore la disposition en nappes parallèles, superposées, irrégulières dans le détail, suggère des écoulements discontinus, sous forme boueuse. Il faut cependant noter le faible développement de la matrice fine, en particulier des argiles : la disposition est souvent en open-work, incomplètement colmaté par le ciment calcaire. Les particules fines ont dû être lessivées et entraînées plus loin.

En résumé, les brèches et conglomérats de Bara sont les témoins d'une phase morpho-génétique très efficace, au cours de laquelle, dans des conditions froides et humides, des écoulements puissants sinon continus se produisaient dans l'Olympe. Au cours de cette période, un réseau de vallées a fonctionné, dont les versants s'éboussaient sous l'action de la gélifraction, tandis que les talwegs s'empâtaient de débris. Les hautes topographies actuelles de vallées éboussées, aujourd'hui tronquées, parfois retouchées par les glaces, actuellement en évolution très lente, sont un héritage de cette période. La datation en est donc fondamentale. Mais sur place, il n'existe aucun élément de datation, sinon très relative (plus ancien que les formes glaciaires les plus vieilles). Par comparaison avec le Parnasse, les débris pourraient être villafranchiens. Mais une datation peut être proposée, avec plus d'arguments, en suivant les prolongements vers l'ouest des dépôts de Bara.

#### *Prolongements occidentaux.*

De nos jours, les brèches et conglomérats sont suspendus vers l'est au-dessus des à-pics du cirque torrentiel de l'Enipevs, tout autre témoin de la nappe a disparu dans cette direction. Par contre, sur le versant occidental, il est possible de suivre les dépôts jusqu'au niveau du piémont, et, par comparaison avec l'ensemble de la Macédoine, de proposer une datation plus précise.

Les dépôts de Bara se prolongent à l'ouest du col et en contrebas jusqu'à 1 900 m d'altitude. Très durcis, encroûtés, ils ont permis une inversion de relief, puisque au niveau du refuge civil (2 000 m), ils arment une longue échine encadrée par deux torrents parallèles. Ce phénomène permet d'observer des coupes dans

la formation, beaucoup plus claires qu'à Bara. Des brèches, encore anguleuses, plus ou moins épaisses, tapissent tous les versants situés au sud de la hauteur de Palimanastri. La cimentation prend parfois l'aspect de croûtes zonaires. Comme à Bara, les cailloux sont de nature exclusivement calcaire. Au niveau du chalet civil, la brèche mesure 40 à 60 m d'épaisseur, l'émoissé s'y accroît, par endroits il s'agit d'un véritable poudingue. A la base la cimentation est moins forte, et sur l'ancien fond de la vallée, les galets sont emballés dans de l'argile rouge. Au niveau du chalet militaire (1900 m), les dépôts ont une allure nettement fluviale, montrent des stratifications entrecroisées, des galets de petite taille très bien roulés. Plus bas la formation a disparu sous l'effet de l'érosion (Gékha Karouli). Trois conclusions essentielles se dégagent de cette description :

- l'écoulement de l'ancienne vallée se faisait d'est en ouest ;
- la nature du matériel est exclusivement olympienne ;
- l'ensemble a été fortement déformé. Compte tenu de la pente, sans doute assez forte, de la vallée originelle, le centre de l'Olympe a été soulevé d'au moins 350 m par rapport à son flanc occidental. Le dôme a donc connu une exaltation intense à une date postérieure au dépôt. Mais le chalet inférieur occupe une position relativement interne dans le massif, il importe donc de rechercher les autres témoins de la nappe plus à l'extérieur afin de mesurer le soulèvement par rapport aux régions environnantes.

Au-dessus du village de Pithion, situé au pied du versant occidental, on trouve des conglomérats, reposant sur les calcaires de l'Olympe, en contrebas des versants de Richter qui nivellent tout le flanc de la montagne. La surface des conglomérats, décomposée en plusieurs gradins, d'origine probablement tectonique, forme replat suspendu, entre 900 et 1000 m. La composition des conglomérats évoque ceux de Bara et Ghéla Karouli : hétérogénéité du calibre, triages variés, émoissé médiocre. En suivant le pied du versant vers le nord, ces brèches-conglomérats très cimentées se retrouvent identiques près de Kokkinoplos. Au-dessus du village, elles forment un trottoir étroit à 1250 mètres, et ne paraissent pas déformées. Mais au sud, issu du ravin de Skalokato, un cône très épais montre des pendages de 20°. La communauté d'origine et l'ancienneté de ces dépôts ne fait pas de doute. Un élément de la même nappe se trouve au sud, sur une butte schisteuse, à moins de 600 m, près du village de Kallithéa, avec des éléments plus émoissés, toujours très cimentés. Etant donné l'absence d'autre formation détritique comparable, mais distincte, que ce soit en altitude ou sur le piémont, nous pensons que tous ces fragments discontinus ont une origine commune : la même vague d'érosion puissante et ancienne que celle qui a produit les dépôts de Bara.

La datation de l'épisode peut raisonnablement être tentée, en poursuivant cette démarche. On connaît dans toute la Macédoine l'existence d'une phase froide et humide, relativement ancienne si on considère l'altitude actuelle, l'incision et la cimentation de ses témoins les plus résistants, qui sont les brèches épaisses, emballées dans des argiles rouges, jalonnant le pied de tous les versants calcaires. A 20 km au N-W de l'Olympe, à Lava, ces brèches sont interstratifiées dans des couches lacustres qui passent latéralement à celles d'Elasson. Au pied des versants non calcaires, des conglomérats grossiers représenteraient leur homologue. Le lacustre de Lava étant discordant sur les dépôts lacustres néogènes de Servia, nous pensons qu'il faut rattacher cet épisode au Villafranchien. Dans la vallée de l'Aliakmon, ces brèches sont en général démantelées. Par contre, dans le sillon méso-hellénique, près de Kastoria, elles sont lacustres de nouveau et correspondent à la fin du comblement d'un lac dont l'âge villafranchien est bien connu (*Equus stenonis*, *Elephas meridionalis*, *Mastodon borsoni*...). Dans cette région, la fin de

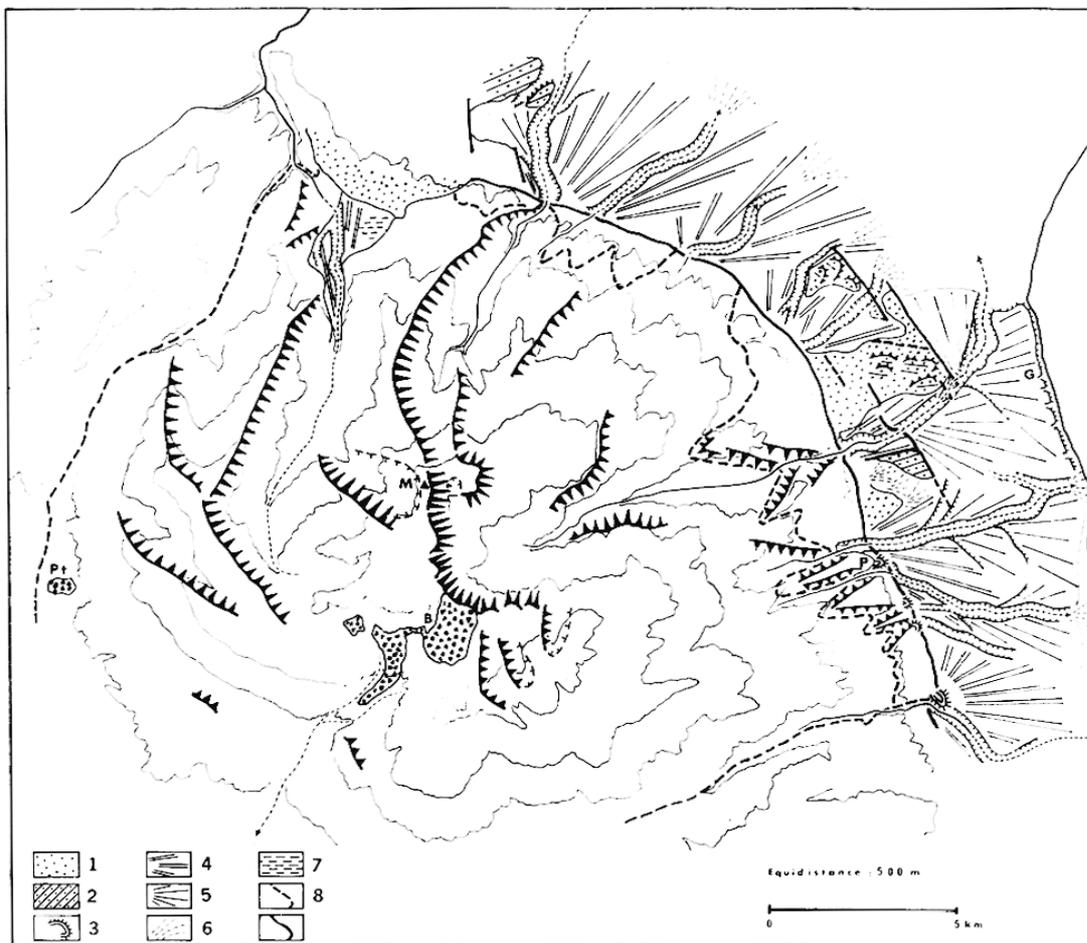
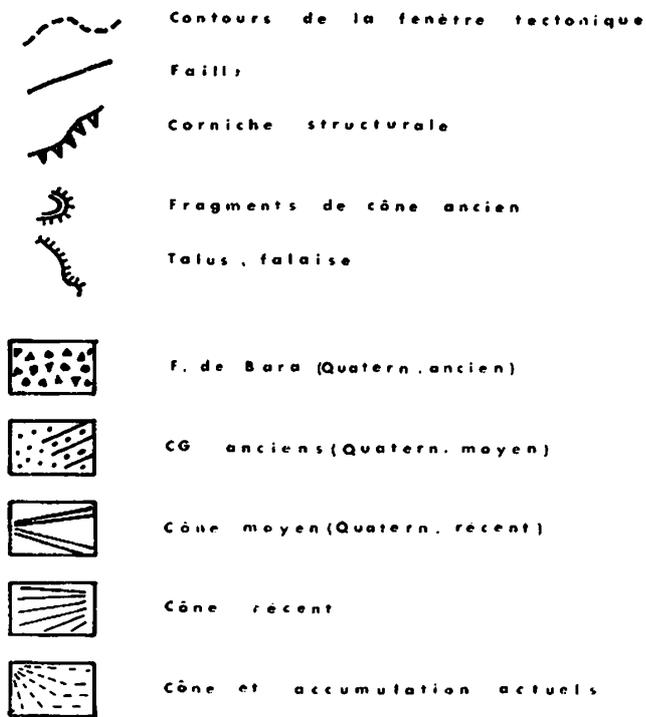


FIG. 4. — Croquis morphologique de l'Olympe.



L Litochoron

Lp Leptokaria

G Gritsa

B Bara

P Paléokastro

Pt Pithion

M Mitika

la période lacustre est suivie par une légère incision puis une pédogenèse intense, bien conservée et dont les résultats évoquent fort le ferretto italien<sup>6</sup>. On doit imaginer un interglaciaire chaud et humide qui, étant donné le caractère montagneux de la Macédoine et l'importance de l'incision postérieure, ne peut être que le Mindel-Riss, semble-t-il. La période froide antérieure, responsable de la formation des brèches, serait donc le Mindel. Les brèches de Lava doivent avoir le même âge, et nous considérons que celles de Bara ne peuvent en avoir un autre. L'épisode d'intense désagration et de décapage des versants calcaires de Macédoine n'a eu en effet aucune réplique comparable postérieurement, et on ne lui connaît pas de précurseur.

Après le Mindélien se situeraient donc dans l'Olympe les déformations qui ont fait de celui-ci une haute montagne. Il est nécessaire d'en connaître les étapes si on veut reconstituer sérieusement les conditions climatiques qui devaient régner au Riss, au Würm et pendant les périodes chaudes intermédiaires. Si le plus fort du soulèvement est très récent, postérieur au Würm par exemple, on comprendra que les traces glaciaires soient si médiocres, sans qu'il soit besoin de faire intervenir un assèchement du climat. Si, au contraire, l'altitude actuelle était à peu de chose près atteinte dès cette époque, l'observation précise des processus actuels en altitude doit permettre la reconstitution du climat passé.

Mais les piémonts de l'Olympe ont enregistré de manière fort inégale les étapes de l'évolution récente. A l'ouest, en contrebas de la nappe mindélienne, la morphologie est très pauvre. Il existe des terrasses et des glacis, mal conservés sur les terrains cristallins pourris ou les dépôts lacustres tendres. Les couvertures sont peu épaisses, comportent du matériel fin dans l'ensemble. Ce versant paraît avoir été immunisé vis-à-vis de l'érosion. Par contre, à l'est, le piémont présente une grande variété de formes sinon de matériel. C'est dans ce secteur qu'on peut le mieux retrouver les étapes de la surrection et des modifications climatiques.

#### LES CÔNES ÉGÉENS.

Ils forment un trottoir continu depuis le S-E (Leptokaria) jusqu'au nord (Vrondou), autour de la montagne. La coupe la plus complète est celle de l'Enipevs, torrent dont le cirque de réception éventre le cœur de la montagne sous les sommets et qui gagne la mer par une gorge étroite à travers les débris accumulés sur le piémont.

#### *Coupe de Litochoron.*

Au-dessous du village de Litochoron se superposent ou s'emboîtent des topographies de cônes, correspondant à des accumulations distinctes, et dont l'altitude s'échelonne entre 400 m et le rivage. L'établissement d'une chronologie relative précise, très complexe en raison du grand nombre des phases de remblaiement et d'incision (une dizaine au moins, bien visibles dans les paysages), est néanmoins possible. Les critères retenus sont : l'altitude relative et le volume des cônes, leurs rapports mutuels (emboîtement ou superposition), leurs déformations, la nature et la morphologie du matériel, l'allure des surfaces topographiques (degré d'évolution, altération, présence d'argiles)... On peut ainsi distinguer trois catégories de matériaux dont la mise en place a dû se faire à des époques bien distinctes, mais dans des conditions assez voisines :

6. L'altération très poussée des minéraux lourds a été étudiée avec l'aide de M. TERS. Des données sur le ferretto sont fournies par P. GABERT (« Un problème de l'altération quaternaire : le ferretto de l'Italie du Nord », *C.R. somm. Soc. géol., Fr.*, 1961, p. 22-24).

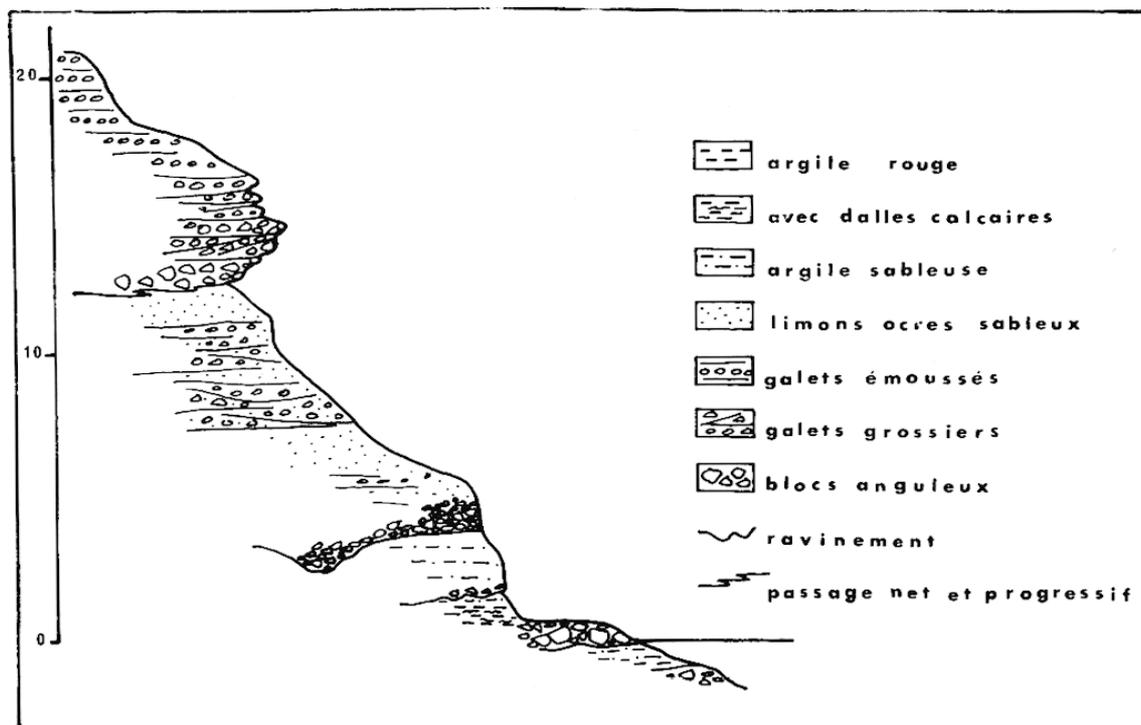


FIG. 5. — Coupe de cône récent (falaise de Gritsa).

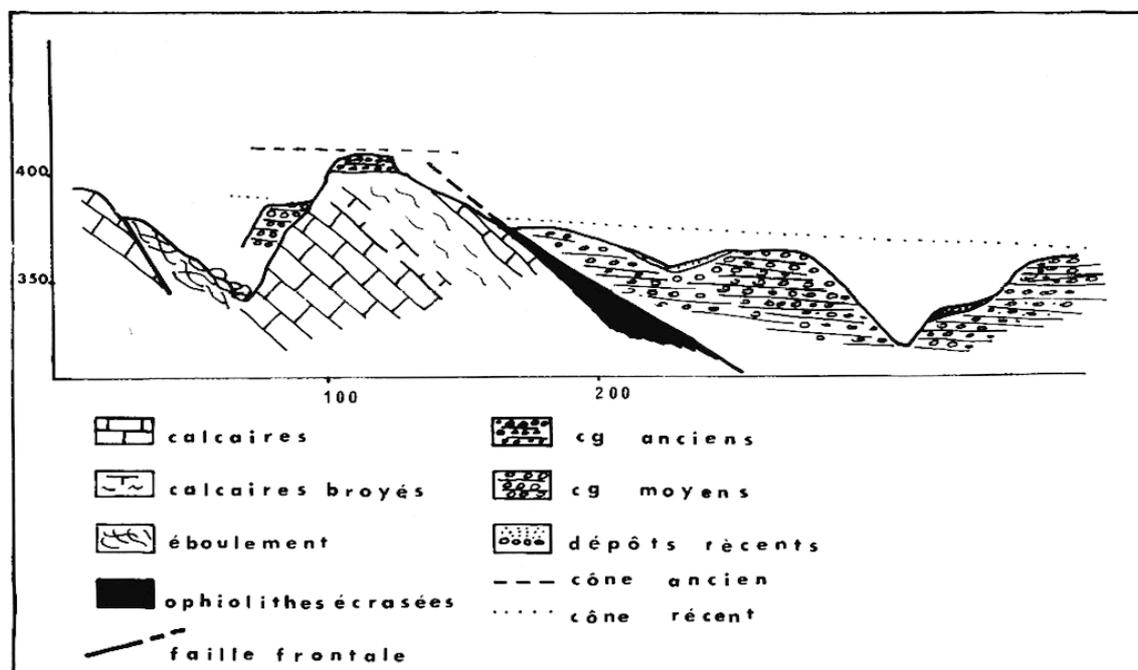


FIG. 6. — Coupe au débouché du torrent de Paléokastra.

*Conglomérats anciens.* — Ces conglomérats, intensément disloqués, affleurent de manière discontinue. La coupe montre trois blocs, inégalement basculés, limités par des miroirs de faille bien conservés, en cours d'exhumation. Un second caractère est la très forte cimentation : les conglomérats se comportent comme une roche résistante. Lorsqu'ils arrivent en surface, ils donnent des reliefs énergiques (escarpements de faille) ou des surfaces structurales très diversement inclinées. Il n'existe donc aucune topographie de cône leur correspondant. Un autre aspect est la profonde évolution de la surface des conglomérats : celle-ci est corrodée, lapiazée, et les fissures sont remplies d'une argile rouge compacte, qui semble liée à une altération pédogénétique (absence de cailloutis dans les argiles). Enfin, le matériel est très hétérométrique, formé exclusivement de calcaires de l'Olympe, et nullement anguleux. La disposition est en nappes plutôt irrégulières, de calibre variable. Tous ces éléments permettent de reconstituer un transport sur une distance importante par des eaux courantes probablement discontinues.

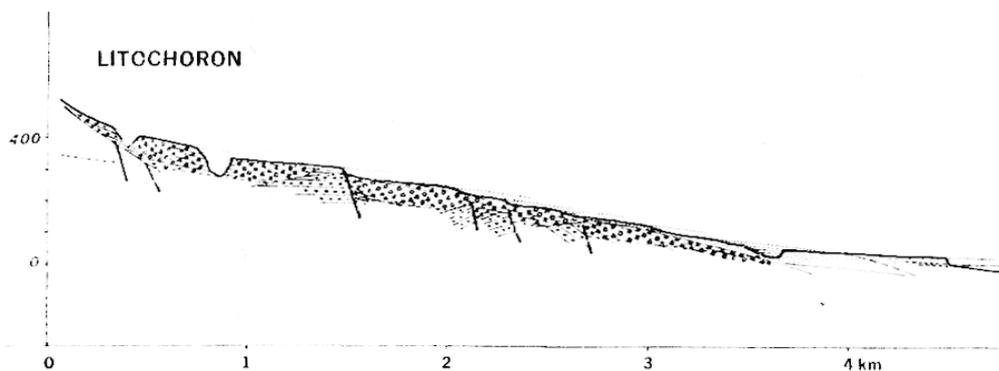


FIG. 7. — Coupe de Litochoron. (Légende fig. 2.)

*Conglomérat moyen.* — Il se distingue d'emblée par sa cimentation moindre, ce qui lui confère une couleur plus claire et se voit bien sur les versants de ravins. Localement concordante sur les conglomérats anciens, à grande échelle ils fossilisent indifféremment les divers blocs, et en particulier les miroirs, qui ont pu parfois rejouer faiblement après leur dépôt (quelques mètres au maximum). L'inclinaison des nappes de cailloutis — dans l'ensemble plus régulières, formées de cailloutis hétérométriques — est de 4 à 6° vers le NE dans la gorge du torrent. Vers l'aval, les conglomérats disparaissent progressivement sous le profil actuel, l'impression est que cette partie a été nettement flexurée. L'émousé des débris est en moyenne plus avancé, le cône devait être mieux alimenté en eau que dans la phase précédente. De la topographie de ce cône il ne reste pratiquement rien sur la coupe. Par contre, au nord et au sud de Litochoron, là où les torrents manifestent moins d'énergie car peu alimentés, le cône est intact, incisé par les gorges où s'est inscrite toute l'évolution postérieure (cônes de Vronidou, de Mavri Pétra, de Leptokaria).

*Conglomérats récents.* — Ils se sont étalés dès la sortie de la montagne, en mince pellicule, plus ou moins emboîtés aux dépens du cône moyen éventré. Vers l'aval, ils se sont accumulés en plus grande épaisseur et les conglomérats inférieurs et moyens s'enfouissent sous leur masse. Une partie du matériel doit être simplement remaniée, ce qui explique la grande similitude du calibre et de la forme des galets. L'ancien cône moyen a subi un démantèlement discontinu et par saccades : la multiplicité de celles-ci suggère bien sûr une cause tectonique. A chaque crise morphologique, le torrent a réalisé un profil qui paraît à l'heure

actuelle moins incliné que le précédent. Cela se traduit à l'amont par un éventail emboîté, limité latéralement de talus qui s'écartent en s'atténuant, jusqu'au moment où on arrive dans le secteur de l'accumulation. Là, les nouveaux dépôts débordent sur la forme précédente qu'ils recouvrent. On voit, au cours du temps, le point où commence l'accumulation glisser progressivement vers l'aval : de nos jours, il est situé à une vingtaine de mètres au-dessus de la mer, l'accumulation étant donc très faible en comparaison avec les formes plus anciennes. Ainsi, il semble que la partie inférieure des cônes ait été sensiblement déformée après chaque épisode et que la déformation ait migré sans cesse vers l'aval. Chaque accentuation tectonique du profil aurait déclenché une incision à l'amont et un remblaiement à l'aval. Mais ces cônes, d'ampleur modeste si on les compare au cône moyen, présentent un volume qui paraît bien supérieur à celui du matériel enlevé dans la gorge ou l'éventail d'ablation situé à l'amont. Il faut donc que la montagne ait livré une masse de débris. L'origine de cette reprise, de ces reprises d'érosion dans la montagne doit être discutée. Elles peuvent provenir soit de pulsations climatiques plus agressives soit du soulèvement du cœur du massif et de l'accentuation des pentes. Comme les cônes récents sont au nombre d'une dizaine et que leur matériel s'avère totalement comparable, la première hypothèse ne paraît guère soutenable dans tous les cas et il faut admettre que l'Olympe a continué à se soulever jusqu'à une date récente. De nos jours, l'Olympe ne figure pas dans les régions grecques de grande séismicité : les tremblements de terre n'y sont cependant pas inconnus, tel celui qui causa de graves dommages à Katérini pendant la dernière guerre. Cependant, au cours de ces déformations, la fracture entre la montagne et le piémont ne paraît pas avoir rejoué, les blocs de conglomérats anciens n'ont cédé que sur quelques mètres, en certains points. Les mouvements récents de la région représentent donc seulement une accentuation d'ensemble du dôme de l'Olympe, très modérée, discontinue. A l'autre extrémité de la coupe, la plaine de Katérini continuait de s'abaisser, comme le prouvent de plus l'incurvation du cours du torrent en direction du nord et les multiples petites terrasses conservées dans ce secteur.

Un des cônes récents pose cependant un problème, celui de l'éventuel abaissement du niveau de la mer au cours de sa formation. Il s'agit du cône de Gritsa, dernier cône important du système, et en contrebas duquel on ne trouve que des niveaux de terrasses emboîtées liées à la subsidence de la plaine de Katérini au nord. Le cône lui-même ne semble pas avoir été déformé, si on en juge par la faible inclinaison de sa surface, du moins dans son axe où il domine le niveau de la mer par une belle falaise, continue sur plusieurs kilomètres. D'un bout à l'autre, avec quelques variations mineures, la coupe montre le même aspect : on y distingue la superposition de deux ensembles de matériaux. A la base dominant les argiles rouges dont le stock s'épuise peu à peu, remplacé par des limons ocres. La partie supérieure est constituée par une nappe de cailloutis sans argiles, très grossiers à la base, s'amenuisant vers le haut où les stratifications deviennent régulières. L'ensemble ne présente que des esquisses de cimentation.

L'interprétation de la coupe n'est pas aisée. D'une part, la hauteur de la falaise et la faible pente de la surface supérieure imposent d'imaginer qu'originellement, le cône devait s'avancer de plusieurs centaines de mètres dans la mer. D'autre part, rien dans la coupe n'indique le dépôt en milieu marin : les ravine-ments internes, les stratifications entrecroisées grossières, l'émoussé... font penser à une évolution aérienne. Au niveau même de la mer actuelle, argiles et lentilles grossières ont un aspect identique, et en plusieurs endroits on retrouve les conglomérats sous les eaux. On est donc conduit à imaginer le dépôt du cône au milieu d'une régression dont il est impossible de chiffrer l'ampleur. La hauteur de la falaise n'implique pas que l'abaissement du niveau de la mer ait été bien

important, car si l'alimentation est puissante, le cône peut très bien progresser dans une mer stable : les faciès marins se trouveraient seulement plus au large, et le niveau aurait bien pu être très proche de l'actuel. Enfin, il reste à expliquer la succession verticale des dépôts. La prédominance des argiles à la base, leur absence au sommet, pourraient résulter simplement d'un classement latéral de la sédimentation dans un cône en expansion. Les argiles rouges se seraient déposées dans une zone basse sur le front du cône, protégée peut-être par un cordon de galets comme on l'observe actuellement plus au sud, les matériaux les plus grossiers se déposant à l'amont. Au cours de l'avancée sur la mer, ces matériaux progressant vers l'aval auraient recouvert les couches précédentes. Mais si on regarde en détail, la coupe montre deux séquences distinctes dont le sens du classement est inverse, c'est-à-dire du bas vers le haut. Par conséquent, il faut bien imaginer aussi des variations dans l'alimentation du cône. Le dépôt des argiles doit correspondre à une érosion atténuée, marquée par des à-coups grossiers et à une sédimentation dans une vaste zone basse. L'apport brutal de gros volumes de cailloutis de gros calibre doit traduire une crise morphogénétique, qui s'atténue ensuite progressivement. Si on considère l'important recul de la falaise, mais aussi la faible cimentation, si on pense que le prolongement des dépôts continentaux sous la mer actuelle signifie bien qu'il y a eu régression puisque le cône ne paraît pas déformé, il faut sans doute mettre le cône de Gritsa en parallèle avec la dernière pulsation froide enregistrée dans les sommets, d'âge Néowürm ou plus récent.

A propos des cônes moyens et anciens, il faut se poser une double question : celle de leur âge par rapport aux dépôts mindéliens de Bara, celle de leur situation par rapport aux variations climatiques du Quaternaire moyen et récent.

Notons d'abord que l'existence à Bara de débris grossiers mais relativement émoussés, liés à un écoulement se dirigeant vers l'ouest, suppose que la tête de vallée se trouvait nettement plus à l'est, à l'emplacement de l'actuel ravin de l'Enipevs. Etant donné la cimentation des conglomérats inférieurs de Litochoron, on peut concevoir que ceux-ci fassent partie d'une seule et unique nappe, mindélienne, dont la partie occidentale aurait été seulement ployée, tandis que la partie orientale aurait été tranchée brutalement par un effondrement brutal de plus de 1 500 m (ou nettement moins car la dissymétrie de l'Olympe existait peut-être déjà). Mais plusieurs observations montrent que cela n'est pas possible. D'une part, les conglomérats de Litochoron sont eux aussi composés exclusivement de calcaires de l'Olympe : en raison de la disparition de ceux-ci vers l'est, non seulement sous les cônes mais surtout sous des éléments de la nappe supérieure (ophiolithes, marbres, schistes...), la source des conglomérats ne peut se situer que vers l'ouest. Leur calibre, moins grossier en général qu'à Bara, leur émoussé, nettement plus avancé, impliquent un transport assez long (ils ne sont pas tellement moins émoussés que les galets actuels). Dans les 10 km qui séparent Bara de Litochoron, il n'y a pas place pour les deux écoulements de direction opposée. D'autre part, d'un point de vue géographique, les conglomérats inférieurs se localisent toujours comme à Litochoron, au débouché des torrents les plus importants (Xérolakki et Papa Aloni au nord) : ils semblent donc liés à un stade de dissection avancé de l'Olympe, celui où des torrents importants avaient déjà profondément attaqué la montagne. Enfin et surtout, il existe au débouché de ravins moins puissants, au sud de Litochoron, plusieurs témoins, à l'intérieur de la montagne, d'une phase d'accumulation que nous pensons contemporaine des conglomérats inférieurs. En retrait du front faillé de la montagne, reposant directement sur les calcaires, ces fragments de cônes montrent un matériel assez anguleux, extrêmement cimenté, disposé en nappes irrégulières. Leur surface supérieure forme des replats qui dominent actuellement les cônes moyens de 50 à 60 m. Or, le matériel des cônes moyens qui repose là directement sur les

calcaires ou la zone de broyage, à la semelle de la nappe, ne montre aucune déformation : les conglomérats suspendus sont donc plus anciens et ils montrent que l'entaille des ravins était déjà réalisée. Comment imaginer que ces entailles sont contemporaines de la topographie de Bara ? L'allure des vallées très étroites, et aussi leur altitude : 400 m (500 m sans doute dans les ravins plus importants, d'où ils ont disparu) montre qu'entre le Mindélien et l'époque de l'achèvement des cônes anciens, le plancher des vallées s'était abaissé de près de 2 000 m du côté oriental. Il faut donc situer dans le même intervalle la phase de déformations majeures responsables de l'essentiel du soulèvement de l'Olympe. L'évolution tectonique postérieure apparaît par contrecoup comme très mineure.

Peut-on préciser davantage l'âge des déformations, les situer par rapport aux phases climatiques ? On a vu plus haut qu'il n'existe dans la montagne aucune trace visible d'une morphogenèse froide entre le Mindélien et le Würmien (ce qui ne veut pas dire qu'elle n'a pas existé ; il est probable cependant qu'elle n'a pas revêtu une grande intensité). On peut supposer que la mise en place des conglomérats anciens de Litochoron est la conséquence directe de la tectonique postmindélienne, mais en même temps elle suppose une humidité notable. On pense au pluvial Riss. Mais cet accroissement du ruissellement peut résulter de la seule élévation du relief. Il faut retenir le fait que les conglomérats sont très fortement cimentés, et que leur surface porte la trace d'une longue évolution dans des conditions à la fois chaudes et humides. On ne voit guère que l'interglaciaire Mindel-Riss qui ait pu permettre une telle évolution. Nous pensons donc que la tectonique majeure est intervenue à la limite du Mindélien et de l'interglaciaire Mindel-Riss : la phase essentielle des effondrements égéens se situerait donc dans les tous premiers temps du Quaternaire moyen, pour ce qui est de la Macédoine.

Pour ce qui est du cône moyen du Litochoron, il est hors de doute que son accumulation a suivi de très près, sinon immédiatement, la dislocation des conglomérats inférieurs ; les miroirs fossilisés, très frais, ne portent pas de trace d'une évolution à l'air libre. Or, la plupart n'ont pas rejoué par la suite. Ils devaient offrir des surfaces lisses et durcies, car aucun débris grossier provenant de leur attaque n'est visible dans les conglomérats qui les fossilisent. Cependant, là encore, l'accumulation suppose une humidité importante, plus abondante à notre avis que dans le cas précédent. Or, l'ampleur des déformations des blocs de conglomérats anciens est modeste par rapport à la première tectonique : il s'agit de dislocations et non d'effondrement géant le long de la fracture orientale. Celle-ci, déjà consolidée, n'a plus rejoué par la suite. L'abaissement n'a dû être que de l'ordre de la centaine de mètres. Par conséquent, la recrudescence d'humidité doit tenir à des causes climatiques générales, et l'ampleur du cône moyen supportant la comparaison avec celle des conglomérats anciens, il faut que la morphogenèse ait été particulièrement active. On pense donc au dernier pluvial froid, qui serait le Würm. Les déformations de la seconde phase seraient würmiennes ou de très peu antérieures.

Dans ce schéma, la période Riss n'apparaît pas. Or, l'altitude était déjà très importante, puisque le soulèvement au Quaternaire moyen et récent doit se totaliser à 200 ou 300 m seulement. Il faudrait donc conclure que l'immobilisation du relief tient à une grande sécheresse, maintenue pendant une longue période, y compris périodes froides et tièdes. Cette stabilité a été interrompue au Würmien par la convergence d'une relance tectonique et d'une pulsation plus humide et plus froide. Cette conclusion concorde avec les résultats obtenus par de nombreux chercheurs dans le monde méditerranéen.

## CONCLUSION

La chronologie que nous croyons pouvoir dresser de la surrection de l'Olympe au Quaternaire est seulement relative, et sur plusieurs points nous ne pouvons que formuler des hypothèses. Cependant, nous pensons avoir bien mis en relief le caractère ancien de la phase essentielle de déformations : nous la situons à la limite du Quaternaire ancien et du Quaternaire moyen. L'évolution postérieure a été fort modérée. Dans cette conclusion, nous rejoignons B. MESSERLI. La thèse autrefois soutenue par MAULL et NÉGRIS d'un effondrement égéen très récent semble donc infirmée en Macédoine. Il y aurait décalage dans le temps de ce phénomène entre le nord et le sud de la mer Egée où M. PFANNENSTIEL attribue encore l'essentiel des mouvements au Pléistocène récent (et en partie au Post-riss).

## BIBLIOGRAPHIE

- BIROT (P.) et DRESCH (J.). — *La Méditerranée et le Moyen-Orient. II. Les Balkans, l'Asie mineure, le Moyen-Orient*, P.U.F., 528 p.
- BRUNN (J.H.). — *Contribution à l'étude géologique du Pinde septentrional et d'une partie de la Macédoine occidentale*, thèse, *Ann. Géol. Pays Hellén.*, t. 7.
- BOUT (P.). — « La limite Pliocène-Quaternaire en Europe occidentale », *A.F.E.Q.*, n° 14, p. 55-78.
- BÜDEL (J.). — « Die Klimaphasen der Würmeiszeit », *Die Naturwissenschaften*, XIX, 1950, p. 438-49.
- CVIJIĆ (J.). — « L'ancien lac égéen », *Ann. de géogr.*, 20, p. 233-259, Paris.
- CVIJIĆ (J.). — « L'époque glaciaire dans la péninsule balkanique », *Ann. de géogr.*, 26, p. 217-218.
- DEMANGEOT (J.). — *Géomorphologie des Abruzzes adriatiques*, thèse, « Mém. et Documents », éd. du C.N.R.S., numéro hors série, 1965.
- DRESCH (J.). — « De la Sierra Nevada au Grand Atlas. Formes glaciaires et formes de nivation », *Mélanges de géographie et d'orientalisme offerts à E.F. Gauthier*, Tours, 1937.
- DRESCH (J.) et RAYNAL (R.). — « Formes glaciaires et périglaciaires dans le Moyen-Atlas », *C.R. s. Soc. géol. Fr.*, 1953, n° 11, p. 195-7.
- FRESHFIELD (D.W.). — « The summits of Olympus », *The Geogr. Journal*, XLVII, p. 293-297.
- GODFRIAUX (I.). — *Étude géologique de la région de l'Olympe (Grèce)*, thèse, 1965, Lille.
- JARANOFF (D.). — « Die tektonischen Bewegungen der Balkanhalbinsel während des Quartärs », *Verh. der III INQUA*.
- KLEIN (A.). — *Die Niederschläge in Europa im Maximum der letzten Eiszeit*, Mayence, 1952.
- KURTZ (M.). — *Le Mont Olympe (Thessalie)*, éd. V. Attinger, Paris, 1923.
- MESSERLI (B.). — « Würmeiszeitliche Gebirgsvergletscherungen und schneegrenzen im Mittelmeerraum », *Geographica Helvética*, 3, 1967.
- NEGRIS (Ph.). — « Submersion et régression quaternaire en Grèce », *B.S.G.F.* (4), t. VIII, p. 418-441, 1908.
- NEGRIS (Ph.). — « Phases glaciaires en Grèce : leur relation avec le morcellement de l'Egée », *C.R. somm. Ac. sc. Fr.*, 174, p. 404-406, 1922.
- PFANNENSTIEL (M.). — *Die Schwankungen des Mittelmeerspiegels als Folge des Eiszeiten*, Fribourg Univ., N.F., H. 18, 1954.
- PFANNENSTIEL (M.). — « Erläuterungen zu den bathymetrischen Karten des östlichen Mittelmeeres », *Bull. inst. océan.*, n° 1192. Monaco, 1960.
- PHILIPPSON (A.). — « La tectonique de l'Egée », *Ann. géogr.*, t. 7, p. 112-141, Paris, 1898.
- QUEZEL (P.). — « La végétation des hauts sommets du Pinde et de l'Olympe de Thessalie », *Végétatio*, fasc. 1-4, 1967.
- SCHNEIDER (H.E.). — *Contribution à l'histoire de l'évolution postmiocène en Thessalie*, thèse, *Fac. des sc.*, Sarrebrück, 1967.
- TRICART (J.) et CAILLEUX (A.). — « Modelé glaciaire et nival », *Cours de Géomorphologie*, C.D.U., Paris.
- TRICART (J.) et CAILLEUX (A.). — « Action du froid quaternaire en Italie péninsulaire », *Inst. ital. di Paleont.*, Rome, 1955.
- WICHE (K.). — « Beitrag zur morphologie des Thessalischen Olymp », *Geogr. Jbr. Osterreich*, XXVI, p. 25-40.

## OBSERVATIONS

M. BIBERSON :

A-t-on trouvé des outillages préhistoriques dans ce matériel ?

M. FAUGÈRES :

Non. De même qu'aucun vestige de faune n'a pu être recueilli. Mais ceci n'est pas surprenant, car le piémont constituait une zone particulièrement hostile à la vie.

M. BIBERSON :

Il est vrai que ce matériel est calcaire. Y a-t-il d'autre matériel ?

M. FAUGÈRES :

Oui, mais en très petite quantité : 1 à 2 % de galets de marbres, roches vertes (sans jaspes) et gneiss, provenant des lambeaux de la nappe pélagonienne conservés à la base du versant oriental.

Aucun ne pouvait servir à une industrie.

M. BELLAIR :

L'absence de traces glaciaires récentes ne serait-elle pas une preuve de soulèvement ?

M. FAUGÈRES :

Non. J'ai retenu cette hypothèse au début de mon travail. Mais j'ai montré comment l'observation des diverses formations détritiques conduit à l'abandonner. Le soulèvement de l'Olympe, dans sa phase essentielle, est très peu postérieur au Villafranchien terminal. La médiocrité du fait glaciaire a donc d'autres causes (assèchement du climat) qu'un soulèvement ultra-récent.

M. BELLAIR :

Pourquoi Mindel ? Ce peut être une glaciation quelconque villafranchienne.

M. FAUGÈRES :

Je n'attache pas une valeur absolue aux termes utilisés : NéoWürm, Würm, Riss, Mindel... La chronologie proposée ne me paraît définitive que lorsqu'elle décrit la succession des phénomènes au cours du temps et apprécie les intervalles qui les séparent. Mais en ce qui concerne les brèches de Bara, une date assez précise peut être avancée, car les brèches homologues de Kastoria sont interstratifiées dans les derniers niveaux d'un lac qui appartient au Villafranchien. Par conséquent, la phase froide qui coïncide avec la fin de la sédimentation ne peut pas appartenir à une période trop éloignée (Günz ou Donau ?).

---