

Un exemple de la tectonique des Alpes ligures : la région du Monte Carmo (Italie)

par Alice BOITEAU

SOMMAIRE. — La région du Monte Carmo, bien que de superficie limitée, donne une bonne idée de la structure des Alpes ligures. L'étude des formations paléozoïques et mésozoïques permet d'y distinguer trois ensembles stratigraphiques : le premier de type briançonnais classique, le deuxième de type briançonnais interne (« Acceglio »), le troisième à affinités prépiémontaises. Le premier ensemble affleure en fenêtre tectonique sous les autres unités charriées, auxquelles s'ajoute la klippe des gneiss polymétamorphiques de Loano, provenant vraisemblablement du socle du Briançonnais interne.

RIASSUNTO. — La regione di Monte Carmo, benché di superficie limitata, da una buona idea della struttura delle Alpi liguri. Lo studio delle formazioni paleozoiche e mesozoiche permette di distinguere tre insiemi stratigrafici : il primo di tipo brianzone classico, il secondo di tipo brianzone interno (« Acceglio ») e il terzo a affinità prepiemontesi. Il primo di questi insiemi affiora formando una finestra tettonica sotto le altre unità che lo ricoprono, alle quali bisogna aggiungere una « klippe » di gneiss polimetamorfici di Loano, che provengono probabilmente dal substrato del Brianzone interno.

ABSTRACT. — The Monte Carmo district provides, on a limited area, a good idea of the structure of the Ligurian Alps. The Paleozoic and Mesozoic formations belong to three stratigraphic units ; the first one is of a classical Briançonnais type, the others respectively of internal Briançonnais type (« Acceglio sequence ») and of Piemontais affinities. These stratigraphic units are cleaved into thrusting slices. In addition to these slices, there also appears the Loano klippe of polymetamorphic gneisses, which probably originates from the basement of the inner Briançonnais.

De nombreux problèmes se posent dès qu'on aborde l'étude détaillée du domaine briançonnais ligure, prolongement vers le SE puis vers l'Est de la zone briançonnaise classique. Schématiquement, le domaine briançonnais ligure affleure entre Cuneo au NW, Albenga et Savona sur la côte méditerranéenne, et il est encadré au Sud par le flysch à Helminthoïdes et des unités subbriançon-

naises, au Nord par les schistes lustrés piémontais. La présence de massifs gneissiques propres à ce Briançonnais ligure a soulevé depuis longtemps de nombreuses controverses sur leur âge et leur position structurale entre partisans de leur autochtonie et partisans de leur allochtonie. De plus, les travaux de ces dernières années ont montré qu'il existe également des unités stratigraphiques parti-

culières dont les rapports avec les unités proprement briançonnaises ne sont pas encore tous élucidés [1].

La région du Monte Carmo, située au Sud de la zone briançonnaise ligure, en bordure de la côte, présente à cet égard une complexité particulière sur une surface limitée et donne une bonne idée de la tectonique des Alpes ligures (fig. 1).

Nous étudierons successivement le problème posé par la présence de gneiss à Loano, la pétrographie de ces gneiss, leur âge, leur position structurale ; puis l'analyse stratigraphique des formations paléozoïques et mésozoïques nous amènera à distinguer différents ensembles stratigraphiques.

Enfin, dans la dernière partie, nous étudierons les relations tectoniques qui existent entre ces divers ensembles.

I. — LES GNEISS : ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE ET STRUCTURALE

L'existence même de massifs gneissiques en Ligurie n'a pas toujours été admise. Dans la première moitié du siècle, une controverse a vivement opposé ZACCAGNA et FRANCHI, et deux cartes géologiques différentes d'Albenga - Savona au

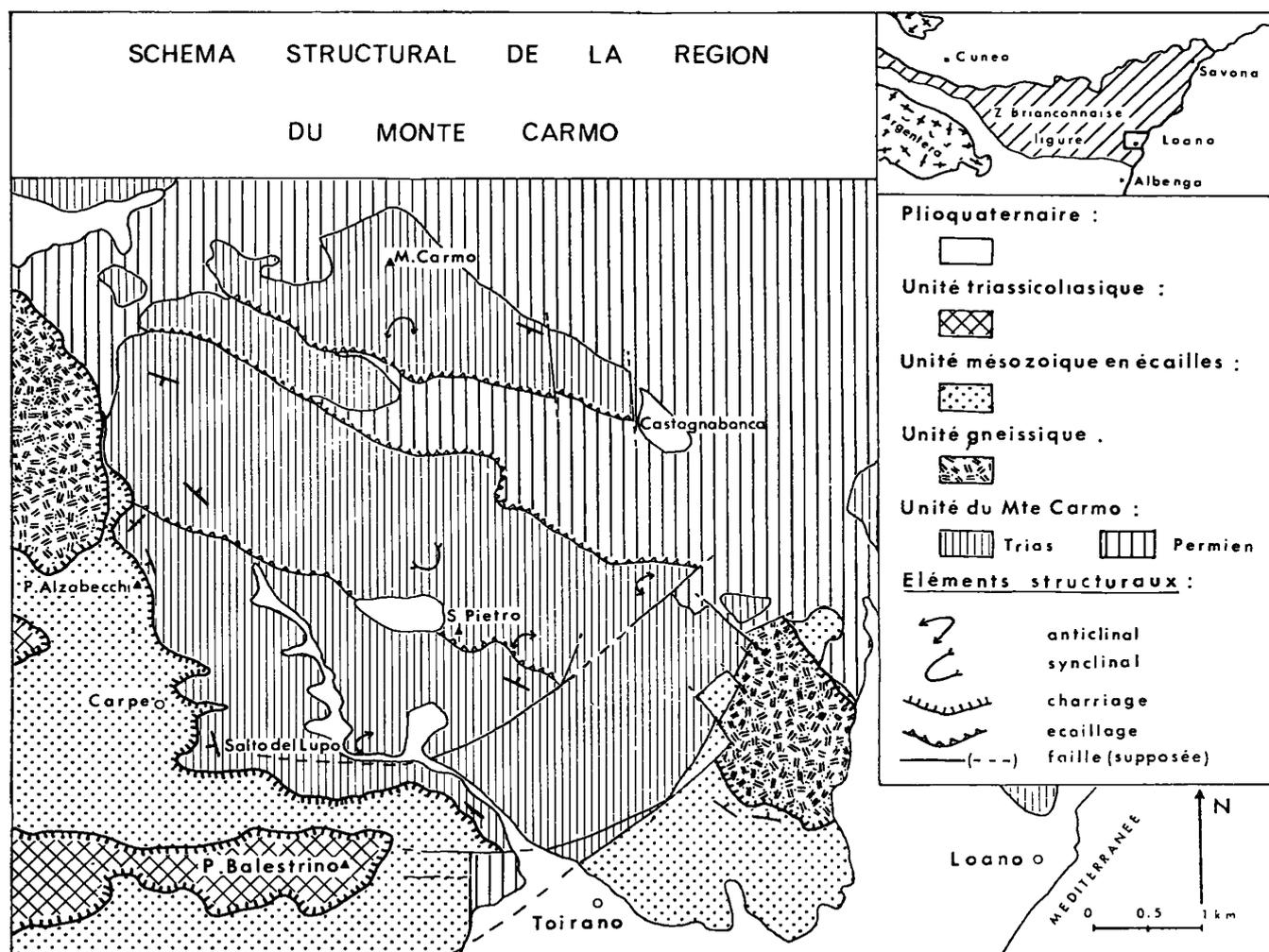


Fig. 1.

1/100 000^e ont même été publiées. Sur l'une ZACCAGNA ne figurait pas les gneiss qui n'étaient pour lui que des variétés « riches en micas » des porphyroïdes permien, alors que sur l'autre, au contraire, FRANCHI et NOVARESE insistaient sur l'individualisation des gneiss par rapport aux roches permien et dessinaient les contours des massifs gneissiques de Calizzano et de Savona, les premiers reconnus. La plupart des autres affleurements gneissiques en Ligurie ont été décrits par CONTI en 1950 [2]. Quant au petit massif de Loano (2 km²), il a longtemps échappé à l'attention. P. STREIFF, dans un travail paru en 1956 sur cette région, ne le mentionne pas [3]. Ce n'est qu'en 1964 que BELLINI le découvrit [4] *.

Depuis la mise en évidence de massifs gneissiques en Ligurie, leur position structurale a donné et donne encore lieu à de nombreuses interprétations. Parmi les plus récentes, citons celles, autochtonistes, de C. KEREZ (1955) et de A. BELLINI (1964). Pour KEREZ [5], les gneiss sont polymétamorphiques, d'âge hercynien, mais n'auraient subi, lors de l'orogénèse alpine, que des mouvements en horsts et en grabens et une cataclase générale. Ils représenteraient le substratum des séries permien et triasiques. Pour BELLINI [4], les gneiss seraient des migmatites permien et la tectonique alpine n'aurait déterminé que des chevauchements très locaux.

Par contre P. TERMIER en 1912 pour le massif de Savona [6] et J.-P. BLOCH en 1964-65 pour celui de Calizzano [7] ont montré qu'il s'agissait en fait de massifs allochtones, cisailés à la base. BLOCH a montré que les lambeaux de poussée coincés entre les gneiss et le Permien sont constitués non seulement de Trias mais aussi de Jurassique et de Crétacé. Il n'est donc plus possible, comme le faisait CONTI [2], de considérer que ces lambeaux sont dus à la poursuite de mouvements hercyniens jusque dans le Trias. Les gneiss ont bien été charriés lors de l'orogénèse alpine.

L'étude des gneiss de Loano nous a permis de montrer que ces gneiss sont bien polymétamorphiques et ne peuvent être des migmatites permien. D'autre part, elle a confirmé entièrement pour ce massif les conclusions auxquelles étaient parvenus P. TERMIER et J.-P. BLOCH pour les massifs de Savona et de Calizzano.

1. Etude pétrographique.

Les gneiss de Loano forment de petites collines, atteignant 300 m, qui s'élèvent au-dessus de la plaine littorale de Loano et sont situées en contrebas du brusque ressaut formé par le massif permotriasique du Monte Carmo qui culmine à 1 380 m. Les gneiss sont en général altérés et les conditions d'affleurement mauvaises. On peut toutefois distinguer plusieurs faciès : des gneiss à biotite et muscovite, comprenant des passées de gneiss œillés et d'amphibolites, et des gneiss verts œillés qui affleurent au SE à Casa Molle.

1° Les gneiss à muscovite et biotite.

Le faciès le plus courant des gneiss est un gneiss à grandes paillettes de muscovite. La biotite n'est pas toujours visible à l'œil nu.

Le meilleur affleurement est celui que l'on peut observer le long du chemin qui mène à la chapelle Santa Libera. Sur une trentaine de mètres de long et environ trois mètres de haut, on y voit des alternances rapides, décimétriques, de bancs surbiotitiques et de bancs clairs quartzo-feldspathiques. On y trouve à divers niveaux des cristaux étirés, de taille centimétrique, de grenat.

Au microscope, on note une cataclase générale des gneiss, accompagnée d'une rétro-morphose, antérieures à l'altération récente. En particulier, le quartz, toujours cassé, présente une extinction roulante et des bandes de déformation. Le plagioclase est généralement damouritisé, mais il y a recristallisation tardive d'albite. S'il y a eu du feldspath potassique, il est trop altéré pour être reconnaissable. La biotite, quelquefois chloritisée, et la muscovite sont tordues, microplissées (kink-bands). La tourmaline, l'apatite et le zircon sont abondants. Le zircon se présente en gros grains arrondis, hors de la biotite, et a probablement une origine détritique. Enfin, lorsqu'il y a du grenat, il se présente en cristaux automorphes mais très cataclasés.

Au point de vue structurologique, on note statistiquement deux orientations importantes de linéations : une linéation orientée au 320° formée par l'alignement des paillettes de muscovite et de

* Ce massif est figuré sur la nouvelle carte géologique Albenga Savona au 1/100 000^e publiée en 1971 après la rédaction de cette note.

biotite dans la foliation et par l'axe d'étirement des grenats. Une autre linéation, orientée au 90°, est marquée par l'axe des microplis en chevrons et des kink-bands dans les micas. Ces deux linéations ont des plongements faibles. Nous verrons plus loin leur signification.

2° *Les passées de gneiss œillés.*

Les gneiss œillés forment des passées métriques, orientées NE-SW, dans les gneiss à muscovite et biotite. Ceci est particulièrement net au Monte Marmi. Les yeux, constitués de plagioclase et de quartz, peuvent atteindre une grande taille (10 cm), mais sont en général centimétriques. L'allongement des yeux correspond à la linéation 90°.

3° *Les amphibolites.*

Contrairement à d'autres massifs gneissiques ligures où les amphibolites sont fréquentes (Calizzano, Savona), dans le massif de Loano elles n'affleurent qu'en un seul endroit, près de Boissano, et forment un banc de 2 m d'épaisseur environ intercalé dans les gneiss à biotite.

Au microscope, la roche est très cataclasée. Seul le quartz marque encore un feuilletage de la roche. La muscovite et la biotite sont très altérées, la hornblende verte est chloritisée, le feldspath entièrement séricitisé. Par contre, il existe de petits cristaux néoformés de chlorite, épidote et actinote.

4° *Les gneiss verts œillés de Casa Molle.*

Un faciès particulier se trouve dans le SE du massif de Loano. Il est formé de gneiss œillés de couleur verte. Les yeux centimétriques sont constitués soit de quartz, soit de quartz et plagioclase. La séricite est abondante. Des paillettes de mica incolore, mais dont les clivages sont soulignés par des minéraux opaques, sont probablement d'anciennes paillettes de biotite décolorée. C'est pour quoi nous rattachons ce faciès aux gneiss, bien que, sur le terrain, on puisse parfois le confondre avec les porphyroïdes permien. On y trouve en outre de l'épidote, de l'apatite, du stilpnomélane et de la magnétite. Le métamorphisme alpin est donc ici plus marqué que dans les gneiss à biotite. Entre ce faciès et les gneiss à biotite existe une passée schisteuse, mylonitique. C'est peut-être un faciès de bordure des gneiss, près des contacts anormaux, comme celui décrit par J.-P. BLOCH dans le massif de Calizzano [7].

CONCLUSION.

Les gneiss de Loano présentent plusieurs phases de recristallisations métamorphiques :

— *Une phase ancienne* (qui peut être subdivisée en deux épisodes) a donné des gneiss à biotite, muscovite et grenat et des amphibolites à hornblende verte ayant cristallisé dans le faciès amphibolite. A cette phase ancienne correspond la linéation minérale de direction 320°.

— *Une phase récente* de métamorphisme a été accompagnée de déformations très intenses. Il y a eu altération des minéraux anciens et néocristallisation d'albite, quartz, séricite, chlorite et, localement, d'actinote et de stilpnomélane. Ce métamorphisme a eu lieu à des températures plus basses que le premier (greenschists faciès). Il est associé à la linéation orientée à 90°.

Or, si l'on considère les roches permien et mésozoïques, on s'aperçoit qu'elles ont subi elles aussi un métamorphisme de type greenschists faciès, identique au deuxième métamorphisme subi par les gneiss. Par contre, on ne trouve ici aucune trace de métamorphisme antérieur. De plus, la linéation 320° associée au premier métamorphisme des gneiss ne se retrouve pas non plus dans les roches permien ni mésozoïques [8].

Les gneiss sont donc *polymétamorphiques*. Contrairement à ce que pensait BELLINI [4], les gneiss ne sont pas des migmatites d'âge permien, mais sont d'âge hercynien ou antérieur et ont subi une rétro-morphose d'âge alpin, accompagnée de déformations diverses. Le matériel originel des gneiss était sans doute un matériel détritique, comme le montrent les alternances très rapides de faciès surbiotitiques ou leucocrates et la présence de grains de zircon détritiques.

2. Etude structurale.

Au point de vue structural, les gneiss sont situés topographiquement et géométriquement au-dessus des schistes et porphyroïdes permien qui les entourent à l'Est et à l'Ouest. Au Nord, ils viennent en contact avec le Trias du massif permotriasique du Monte Carmo par l'intermédiaire d'une faille verticale d'affaissement tardif, bien visible dans la carrière au-dessus de Boissano. Mais au Sud on pourrait difficilement expliquer par une

faille leur contour d'érosion circulaire. En particulier, le contact qui suit la route de Boissano est subhorizontal et les schistes permien plongent nettement sous les gneiss.

Les *structures internes* du massif, marquées par des passées de gneiss ceillés orientées NE-SW, sont intersectées brutalement par le contact basal entre les gneiss et le Permien.

A l'Ouest, les gneiss viennent au contact des schistes permien, avec une saute brutale de métamorphisme entre les deux formations. A l'Est, ils viennent au contact de porphyroïdes permien. On trouve, pincées dans ce contact entre porphyroïdes permien et gneiss, des écailles mésozoïques comprenant, près de la chapelle Santa Libera, du Trias inférieur quartzitique, des cargneules, des marbres tithoniques et des calcschistes crétacés.

Cet ensemble d'observations nous permet d'affirmer que les *gneiss polymétamorphiques de Loano sont charriés sur différents termes du Permien*, que ce charriage est de type cisailant et qu'il est d'âge alpin. Nous arrivons donc pour ce petit massif aux mêmes conclusions que celles auxquelles sont arrivés P. TERMIER pour le massif de Savona et J.-P. BLOCH pour le massif de Calizzano : il s'agit là d'un corps allochtone.

Notons tout de suite qu'on ne voit nulle part la couverture stratigraphique primitive transgressive sur les gneiss. Dans la troisième partie, nous replacerons ce massif gneissique dans un cadre plus général.

II. — ÉTUDE DES FORMATIONS PALÉOZOIQUES ET MÉSOZOIQUES

Dans cette deuxième partie, nous étudierons les diverses formations paléozoïques et mésozoïques suivant un ordre chronologique mais nous verrons que ces formations d'âge différent ne forment pas une succession stratigraphique normale. Par exemple, le Jurassique et le Crétacé ne reposent pas en contact normal sur le Trias. Nous serons ainsi amenés à distinguer plusieurs unités à la fois stratigraphiques et structurales.

1. Le Permien.

Le Permien de Ligurie n'est pas fossilifère. Il est daté par analogie de faciès avec les autres

séries alpines et par sa position au-dessus du Carbonifère daté du Stéphanien. On peut y distinguer deux ensembles dans le secteur étudié : les schistes sériciteux et les porphyroïdes.

A) Les schistes sériciteux.

Autour de Boissano affleurent des schistes sériciteux, onctueux au toucher, de couleur verte, violacée ou blanche. Ils sont intensément déformés, plissés, et il est difficile d'y reconstituer une succession stratigraphique. Ces schistes présentent au microscope une déformation intense. On y observe des structures en « poissons » avec recristallisation de quartz et de chlorite dans les zones d'ombre. Ils sont constitués d'un matériel finement cristallin : quartz, séricite, chlorite, minéraux opaques. Sur ce fond très fin se distinguent quelques gros cristaux de feldspath potassique et plus souvent de quartz automorphes à golfes de corrosion. Il semble que ce matériel ait une origine détritique à éléments volcaniques acides.

Dans ces schistes s'intercalent, en lentilles, des roches plus dures, de couleur verte. Au microscope, ces roches sont aussi très déformées. Dans un fond constitué de petits cristaux de quartz, chlorite, séricite, épidote, apatite, on distingue de gros cristaux de plagioclase (andésine) et d'un minéral entièrement chloritisé, mais ayant gardé parfois les formes d'une amphibole. De la calcite a recristallisé tardivement ainsi que de l'albite. Ces roches représentent probablement d'anciennes roches volcaniques andésitiques.

B) Les porphyroïdes.

Les porphyroïdes affleurent à l'Est de la région étudiée. ZACCAGNA avait créé le terme de bésimaudites pour désigner ces porphyroïdes, du nom du Monte Besimauda en Ligurie. Mais il regroupait sous ce même terme des faciès très différents. Comme nous l'avons vu, les gneiss à biotite n'étaient pour lui que des variétés de bésimaudites. En fait, ce nom désigne des schistes gneissoïdes contenant des granules de quartz et de feldspath cimentés par de la matière talcoïde verte. Dans certains faciès on observe des éléments blancs, de forme lenticulaire, atteignant 4 cm. Au microscope, le fond de la roche se montre formé d'un matériel quartzo-sériciteux fin dans lequel se distinguent quelques sphérolites de dévitrification et de gros

cristaux automorphes de quartz et de feldspath potassique. Les « lentilles » blanches, formées d'un matériel très fin quartzeux, sont probablement des gouttes de lave aplaties lors de leur chute et recristallisées. Il s'agit donc de *tufs volcaniques de composition acide*.

Les relations entre les schistes et les porphyroïdes sont difficiles à mettre en évidence dans le secteur étudié. Au Poggio San Martino, il semble bien qu'on passe d'une série à l'autre; mais en l'absence de critères de polarité, on ne peut dire quelle est la série supérieure. Nous nous reportons donc pour les datations aux corrélations faites par J.-P. BLOCH [9]. Les schistes sont rapportés par lui au Permien inférieur et les porphyroïdes au Permien supérieur.

2. Le Trias.

A) Les conglomérats polychromes.

A la base du Trias on trouve, bien développée dans les écaillés du Poggio Balestrino et dans les collines de la plaine de Loano, une formation à faciès « Verrucano ». Ce sont des conglomérats de couleur claire, à galets formés de quartz blanc, rose ou noir et d'une roche rouge violacée à laquelle P. TERMIER a donné le nom de « liparite » et que J. DEBELMAS en 1955 [10] définit comme « une roche argilo-siliceuse à grain très fin qui offre à la loupe et au microscope les caractères d'une argilolite ».

Au Salto del Lupo affleure sous les quartzites werféniens un conglomérat qui ressemble au Verrucano, mais où les galets de « liparite » sont remplacés par des galets d'une roche volcanique andésitique. Ces galets proviennent peut-être des niveaux volcaniques basiques qui existent en lentilles dans le Permien inférieur. On ne voit nulle part le substratum de cette formation. Son âge, Permien terminal ou Trias tout à fait basal, ne peut être déduit que de son passage continu au Werféniens franc.

B) Le Werféniens.

Le Werféniens débute au-dessus des conglomérats polychromes par des conglomérats à galets de quartz blanc qui passent à des quartzites grossiers puis à des quartzites fins, blancs. Vers le sommet des passées pélitiques vertes, fines, s'intercalent

entre les bancs de quartzites qui se chargent en carbonates (taches brunes ankéritiques).

Le Werféniens a une épaisseur totale de 200 m environ.

C) Trias moyen calcaro-dolomitique.

Pour étudier le Trias moyen, on est amené à distinguer deux ensembles à la fois stratigraphiques et structuraux : un ensemble affleurant dans le massif du Monte Carmo où le Trias moyen comprend un Anisien et un Ladinien, l'autre affleurant au Poggio Balestrino où n'existe que le Ladinien.

1° Trias du massif du Monte Carmo (fig. 2).

Dans le massif du Monte Carmo, le Trias moyen comprend un Anisien réduit (50 m) et un Ladinien assez épais (350 m au moins).

a) L'Anisien se présente sous des faciès variables [11].

Au Salto del Lupo, l'Anisien débute au-dessus des quartzites werféniens supérieurs par des marbres à débris micacés assez épais (12 m) au sommet desquels on trouve de très petits articles de Crinoïdes ; il s'agit probablement de *Dadocrinus gracilis*, caractéristiques de la base de l'Anisien. La série se poursuit par des calcaires gris à lits dolomitiques jaunes, flexueux, millimétriques, surmontés par un banc de dolomie jaune d'or à exsudations siliceuses; puis par des calcaires gris noirs contenant des Dentales, par un deuxième banc de dolomie jaune d'or à exsudations siliceuses; par des calcaires gris à interlits pélitiques rouges; enfin, par des dolomies jaune paille.

Dans une note récente (1969), M. VANOSSI [12] a étudié la série du Salto del Lupo d'un point de vue sédimentologique. Il a été conduit à admettre que l'Anisien s'est déposé en milieu littoral d'après la lithification précoce des sédiments, les rides d'oscillation, les phénomènes de remaniement qu'il a pu y observer. Nous sommes arrivés à la même conclusion après avoir observé la présence de mud-cracks (traces d'exposition subaériennes) dans les calcaires de la base de l'Anisien dans une petite carrière sur la gauche en allant vers Carpe.

A Castagnabanca, jusque sous le sommet du Monte Carmo, affleure un Anisien qui varie, latéralement, très rapidement de faciès. On passe en continuité apparente d'une série assez variée, rappelant celle du Salto del Lupo, mais contenant

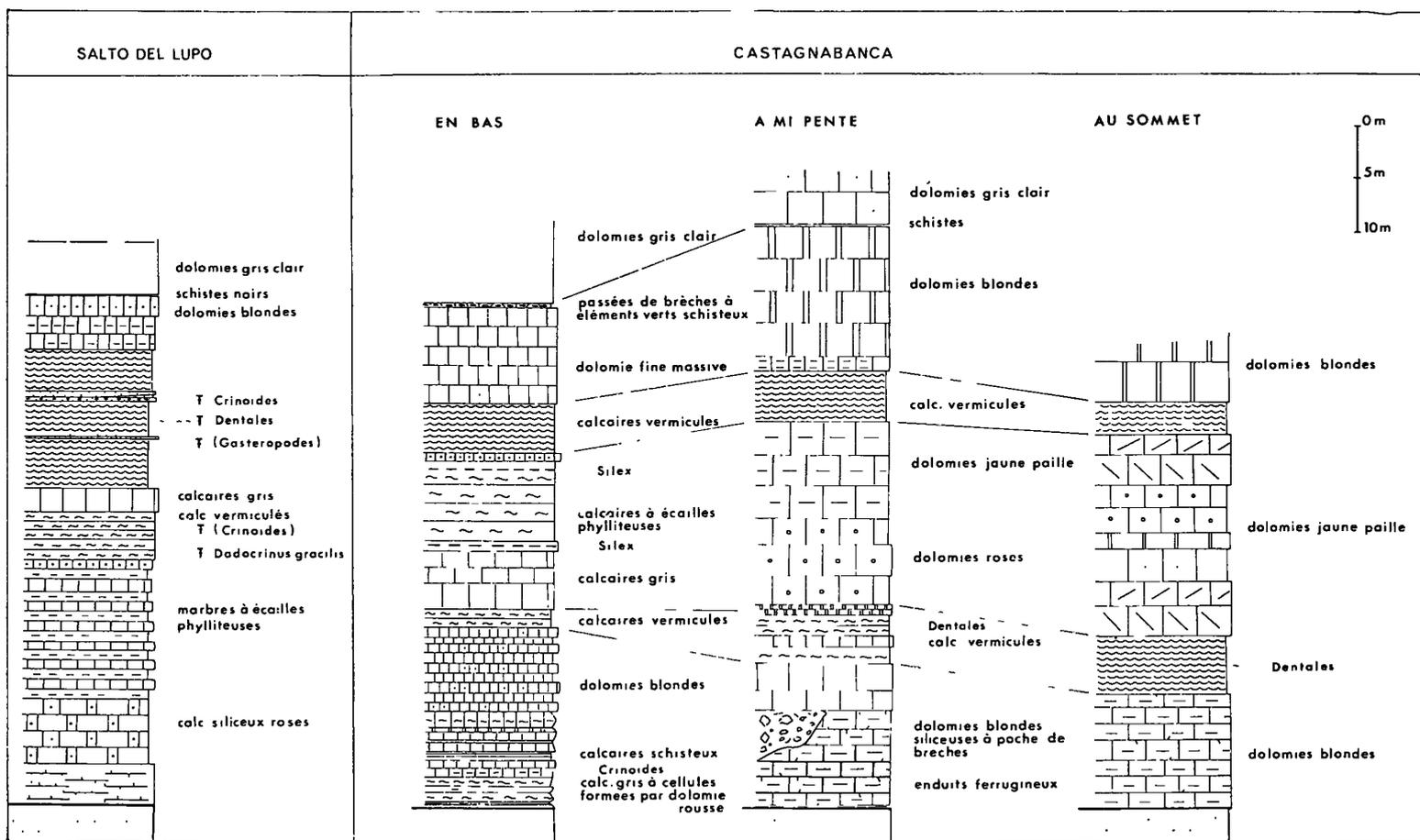


Fig. 2. — L'Anisien du massif du Monte Carmo.

des silex, à une série plus homogène, presque entièrement formée de dolomies jaune paille à débris micacés, interrompue seulement par deux bancs de calcaires à lits flexueux jaunes dolomitiques, contenant des *Dentales*. Cette série présente localement une poche de brèches polygéniques à éléments de quartzite et de dolomie, en forme de chenal d'une dizaine de mètres de large sur 6 m de haut environ. On n'y observe pas de granoclassement.

b) *Le Ladinien* fait suite en continuité à ces séries anisiennes. Il comporte des dolomies blanches, des calcaires à granules dolomitiques blancs, des calcaires à pigmentation rose, contenant vers le sommet des *Gastéropodes*, puis des alternances de calcaires dolomitiques gris et de dolo-

mies blanches; vers le sommet du Ladinien, on trouve un horizon à accidents siliceux clairs, suivi d'un niveau à *Enocrines*, une passée métrique de schistes jaune vert (*cinérites* ?), des brèches. Un bloc éboulé nous a fourni de nombreux manchons de *Diplopora uniserialis*.

Comme on peut le constater, la série du Trias moyen de l'ensemble du Monte Carmo présente des ressemblances marquées avec les séries du Trias briançonnais classique, malgré une épaisseur réduite, l'absence de cargneules à la base, l'absence de certains niveaux décrits par F. ELLENBERGER en Vanoise [13] et par J. MÉGARD-GALLI dans le Monte Boulliagna [14], et aussi par des conditions de dépôt plus littorales (mud-cracks, traces d'érosion).

2° Trias du Poggio Balestrino-Monte Gallero.

Au sommet du Poggio Balestrino affleure une série dolomitique qui repose en contact anormal sur des séries mésozoïques et tertiaires, par l'intermédiaire de cargneules. Dans cette série, aucun faciès n'est attribuable à l'Anisien. Par contre, ROVERETO [15] a montré jadis qu'il s'agit de Ladinien en y décrivant des fossiles comme *Lima costata*, *Atractites*, *Diplopora annulata*. Ce Ladinien est suivi par du Trias supérieur, du Rhétien, du Lias fossilifères, en dehors des limites de cette étude, dans le chaînon du Monte Gallero où ils sont en série renversée. Ce Ladinien, constitué uniquement de dolomies, est très différent à tout point de vue de celui du Monte Carmo.

Ce Trias du Poggio Balestrino, qui fait partie de l'unité du Monte Gallero suivant la terminologie de J.-P. BLOCH [16] ou de l'unité de Castellermo suivant M. VANOSSI [17], présente des affinités avec les séries prépiémontaises [16].

3. Jurassique. Crétacé. Nummulitique.

Les séries jurassique, crétacée et nummulitique, au contraire des séries permien et triasiques, ne présentent pas d'affleurements continus. Accompagnés de quartzites werféniens, de conglomérats polychromes et de dolomies écrasées, les marbres jurassiques sont emballés dans les calcschistes crétacés et on les trouve sous forme de barres discontinues pointant à travers les calcschistes très replissés. L'ensemble forme une bande de terrains qui se suit tout autour du Poggio Balestrino sous le Trias dolomitique de l'unité du Monte Gallero. On le trouve aussi coincé verticalement dans la faille qui sépare le massif permotriasique du Monte Carmo des gneiss de Loano. Enfin, quelques petites écailles affleurent près de la chapelle Santa Libera entre les gneiss et leur soubassement permien.

A) Stratigraphie.

Le Jurassique est constitué de marbres ivoirins ou gris, quelquefois pigmentés de rose, à exsudations siliceuses. Leur épaisseur n'excède pas 30 m.

A leur sommet, on trouve localement un niveau peu épais (2 cm) de calcaires gris foncé, contenant

une microfaune abondante que M. DURAND-DELGA a bien voulu déterminer malgré l'état de recristallisation des calcaires : *Calpionella alpina*, *Globochaete alpina*, des Saccocomidés, des débris d'Entroques. L'âge de cette faune est *Tithonique supérieur* ou *Berriasien basal*.

Un hard-ground phosphaté de couleur brun vert, millimétrique, incruste la surface de ces marbres. Il contient de nombreux Cocolithes et des Globigérines. Son âge est probablement *Crétacé supérieur*.

Associés aux marbres jurassiques et au hard-ground crétacé, on trouve des calcschistes gris, sériciteux, qui sont l'équivalent probable des marbres en plaquettes du Briançonnais, d'âge néocrétacé. Ces roches ont été intensément déformées. Le plus souvent le contact entre les calcschistes et les marbres a rejoué et est injecté par des filonnets de calcite. Les calcschistes passent progressivement à une série plus détritique comprenant des calcaires, des schistes et des grès. Près de Balestrino, les calcaires ont fourni des Lithothamniées et des Orthophragmines. Il s'agit donc de *Nummulitique*.

B) Substratum de cette série.

Au sujet du substratum de cette série, deux hypothèses se présentent :

- ou bien cette série est la couverture normale, simplement décollée, du Trias briançonnais sur lequel elle repose géométriquement. C'est ce que pense M. VANOSSI [12];
- ou bien cette série appartient à une autre unité tectonique de premier ordre.

Notons que presque toujours des calcschistes crétacés sont intercalés entre les marbres jurassiques et le Trias à faciès briançonnais. D'autre part, un affleurement isolé situé à l'Ouest de Balestrino nous a permis de voir le Jurassique transgressif sur quelques mètres de Trias moyen. La transgression débute par un conglomérat de base à galets de dolomie, de quartz, de conglomérats polychromes. De plus, si cette série était la couverture normale du Trias du Monte Carmo, on ne comprend pas pourquoi elle serait systématiquement accompagnée sur le terrain des quartzites werféniens et de Verrucano. Enfin, cette série repose en discordance cartographique sur les

structures du massif permo-triasique du Monte Carmo. Il semble donc qu'on ait là une série à faciès briançonnais interne, du type « Acceglio », définie par J. DEBELMAS et M. LEMOINE [18] et qui comprendrait un Verrucano bien développé, du Werfénien, quelques mètres de Trias moyen, et une série mésozoïque supérieure lacunaire et très réduite. J.-P. BLOCH [19] a décrit en 1961 pour la première fois une série de ce type dans le Finalese.

CONCLUSIONS.

L'étude des formations paléozoïques et mésozoïques conduit donc à envisager la présence de trois grands ensembles stratigraphiques différents (fig. 3) :

— un ensemble comprenant Permien, Trias inférieur, Anisien et Ladinien, série qui a des caractères briançonnais bien que de type un peu particulier;

— un deuxième ensemble qui n'affleure que de manière discontinue, en écaïlles, et présente une série lacunaire et réduite de type briançonnais interne ;

— enfin, un troisième ensemble ne comprenant sur le secteur étudié que du Ladinien dolomitique, mais qui se complète plus à l'Ouest par du Norien, du Rhétien et du Lias fossilifères. Cet ensemble présente des affinités avec les séries prépiémontaises.

III. — TECTONIQUE

Nous allons maintenant étudier les relations géométriques existant entre ces trois ensembles en montrant qu'il s'agit d'unités tectoniques superposées.

Diverses interprétations tectoniques ont été envisagées, on le sait, pour expliquer la géologie

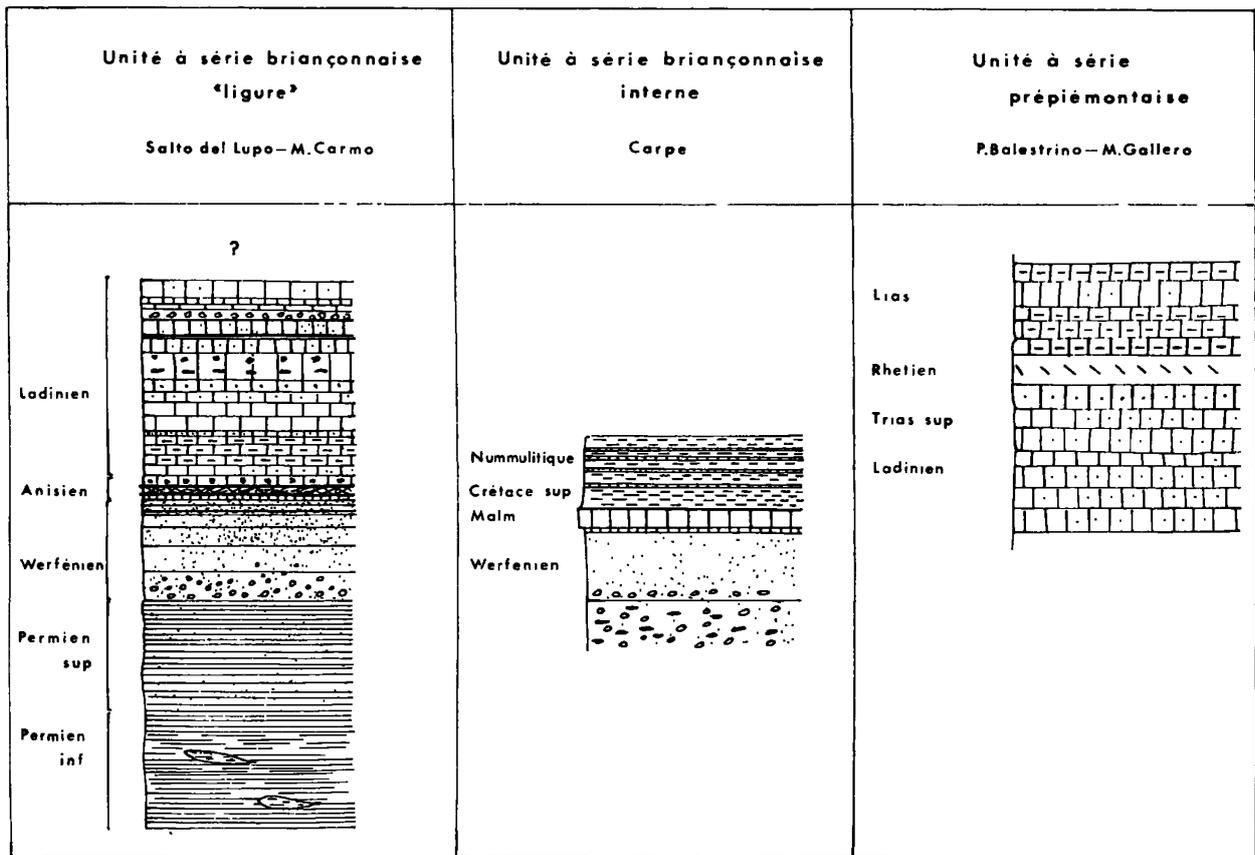


Fig. 3. — Unités stratigraphiques et structurales de la région du Monte Carmo.

des Alpes ligures. Elles se rattachent à trois points de vue :

— Pour FRANCHI, puis CONTI [2] et plus récemment pour KEREZ [5] et STREIFF [3], il n'existe pas en Ligurie d'autre tectonique alpine que des chevauchements locaux et des failles. L'opposition entre les séries stratigraphiques du Monte Gallero comprenant Ladinien, Trias supérieur, Rhétien et Lias, et celle du Monte Carmo comprenant Permien, Werfénien, Anisien et Ladinien est expliquée par STREIFF, non par un rapprochement tectonique de deux séries paléogéographiquement différentes, mais par des failles précoces, carbonifères, qui auraient séparé des compartiments où se seraient déposées des séries différentes. Le compartiment du Monte Carmo aurait joué au Trias supérieur et au Lias le rôle d'un horst, alors que celui du Monte Gallero demeurerait un fossé de sédimentation.

— Pour ROVERETO [20] et ARGAND, tout au contraire, le Briançonnais ligure serait un grand pli couché (nappe de charriage du premier genre) qu'ils rattachaient à la nappe du Grand-Saint-Bernard.

— Enfin, P. TERMIER [6] et surtout J.-P. BLOCH [7] ont montré qu'il existe à l'intérieur du domaine ligure des nappes de charriage alpines, gneissiques et mésozoïques, de type cisailant. Dans la première partie, en étudiant le massif gneissique de Loano, nous sommes déjà arrivés à la conclusion qu'il forme, comme le massif de Savona à l'Est et celui de Calizzano au Nord, une lame de charriage, d'âge alpin, cisailée à la base. Avant de donner nos autres conclusions étendant ce style de nappes à la région étudiée, il est bon de décrire les faits.

1. Commentaires de divers panoramas.

1° *Le panorama n° 1* (fig 4), vu du tournant de la route menant à Balestrino vers San Pietro au Nord, donne une idée de la structure du massif du Monte Carmo dans sa partie la plus simple (en effet, au NW, la tectonique est plus difficile à déchiffrer). On y voit deux éléments structuraux importants de ce massif : un chevauchement Φ_1 et une faille F_2 .

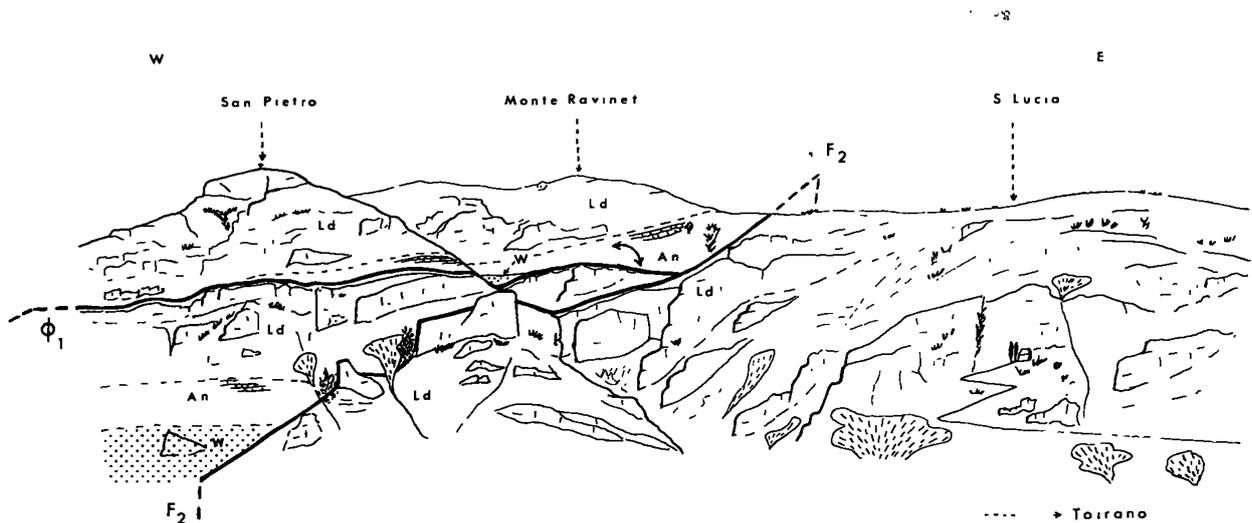


Fig. 4. — Panorama n° 1, vu du tournant de la route menant à Balestrino vers San Pietro au Nord.

W, Werfénien ; An, Anisien ; Ld, Ladinien.

La falaise de San Pietro est formée de deux écaillés. En effet, du bas de la falaise vers le haut, on trouve tout d'abord les quartzites werfénien du Salto del Lupo, formant un cœur anticlinal, puis l'Anisien et le Ladinien. Mais au-dessus du

Ladinien on retrouve la même série redoublée : Werfénien, Anisien, Ladinien. Le contact anormal Φ_1 plonge à 40° environ vers le NE. C'est un contact franc, ne comportant ni cargneule, ni même de broyage à la base. Les structures sont

tranchées net, aussi bien celles du compartiment inférieur que celles du compartiment supérieur. En effet, l'écaïlle supérieure repose soit sur le Ladinien dans la falaise de San Pietro, soit latéralement sur l'Anisien du compartiment inférieur. L'écaïlle supérieure présente des plis d'ordre kilométrique d'axe WNW-ESE (anticlinal passant sous San Pietro, synclinal plus au Nord); ces plis sont tranchés par le contact normal Φ_1 : aussi trouve-t-on au contact avec l'écaïlle inférieure soit le Werfénien, soit l'Anisien, soit le Ladinien. Il s'agit donc là d'un chevauchement cisailant, postérieur aux plis.

Ce chevauchement Φ_1 n'est pas le seul existant à l'intérieur du massif du Monte Carmo. En fait ce massif est formé de plusieurs écaïlles empilées les unes sur les autres.

Le deuxième élément structural important visible sur ce panorama est la faille F_2 qui sépare un compartiment sud d'un compartiment nord. Le compartiment sud s'est affaissé et le Ladinien vient au contact direct du Werfénien, ce qui fait un rejet de près de 200 m.

Il existe une autre faille de ce type, plus proche de la mer. C'est elle qui sépare le massif du Monte Carmo, du Permien et des gneiss au-dessus de Boissano. Son miroir vertical est bien visible le long de la route de Toirano à Boissano et dans la carrière au-dessus de Boissano où l'on exploite les dolomies broyées. Cette faille très importante

se prolonge à l'Ouest dans le Rio del Ponte. Elle se dédouble sur une partie du trajet reconnu.

Ce sont là des failles très tardives, postérieures au chevauchement Φ_1 qu'elles interrompent, probablement contemporaines de l'effondrement de la Méditerranée. Elles sont en effet à peu près parallèles à la côte (d'où la position des gneiss de Loano en contrebas du massif du Monte Carmo).

2° Le panorama n° 2 (fig. 5), vu de Rocca Berleurio vers la Punta Alzabecchi au SW, montre la couverture géométrique et tectonique du massif du Monte Carmo au NW de ce massif. Sur le Ladinien qui plonge au SW reposent des calcschistes crétacés, en contact anormal jalonné de place en place par des cargneules. Dans ces calcschistes sont traînés, emballés, du Verrucano, du Werfénien, des dolomies broyées et des marbres jurassiques. Dans la deuxième partie nous avons déjà vu que ces calcschistes crétacés et les marbres jurassiques ne peuvent pas être la couverture stratigraphique propre, simplement décollée, du Trias du Monte Carmo, comme le pense VANOSI [17]. La présence locale de cargneules à la base, la discordance cartographique qu'on observe entre les calcschistes et les structures internes du massif du Monte Carmo (plis, chevauchements) et le fait que le Jurassique et le Crétacé sont toujours accompagnés de Verrucano, de Werfénien et de dolomies broyées

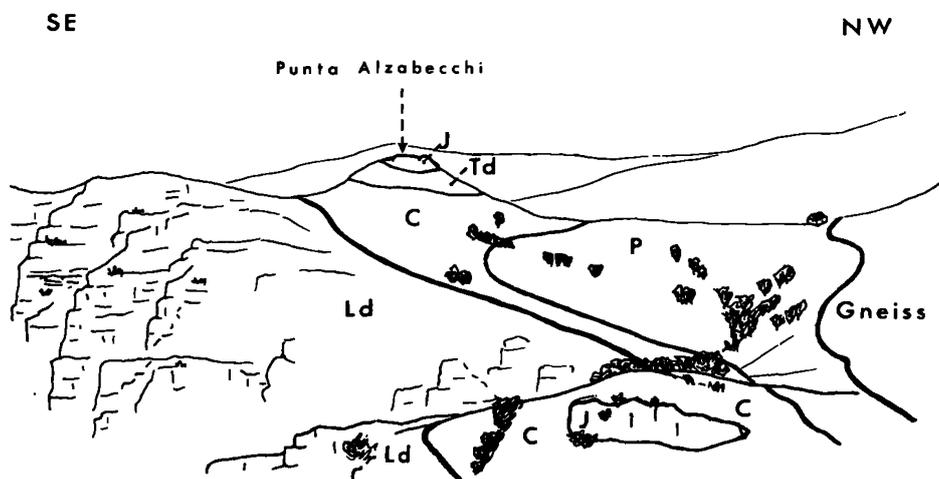


Fig. 5. — Panorama n° 2, vu de Rocca Berleurio vers la Punta Alzabecchi.
C, Crétacé; J, Jurassique; Td, dolomies; Ld, Ladinien; P, Permien.

montrent qu'il s'agit réellement d'une autre unité majeure charriée, très écaillée, à série stratigraphique réduite, lacunaire, de type briançonnais interne.

Viennent reposer sur cette série, des schistes permiers verts et violets puis les gneiss de Calizzano. Le contact de base des gneiss est sub-horizontale, au moins sur son bord méridional; en effet, son bord occidental peut s'interpréter comme un contact faillé. Les faciès de ces gneiss sont les mêmes que ceux du massif de Loano et BLOCH a montré qu'il s'agit d'un massif gneissique charrié lors des mouvements alpins. Il est d'ailleurs probable que ces deux massifs, actuellement isolés par l'érosion, formaient une seule vaste lame flottante, le petit affleurement de Loano ayant été protégé de l'érosion par suite de l'effondrement du littoral.

Les schistes permiers ont probablement été entraînés à la base des gneiss, facilitant ainsi leur charriage. On trouve d'ailleurs les mêmes schistes à la base du massif de Loano. Bien que là on ne voie pas leur substratum et que par conséquent on ne puisse savoir avec certitude s'ils sont charriés, ils ont été figurés sur le schéma structural

de la même manière que ceux entraînés à la base du massif de Calizzano. On ne connaît pas la couverture propre des gneiss de Calizzano; mais VANOSI [21] décrit quelques petites écaillés de mésozoïque sur ces gneiss; d'autre part, l'unité triasico-liasique du Monte Gallero repose tectoniquement sur les gneiss.

3° Le panorama n° 3 (fig. 6) vu de Toirano vers le Poggio Balestrino à l'Ouest, montre la structure complexe de celui-ci. En effet, sur le Ladinien briançonnais du massif du Monte Carmo reposent des calcschistes crétacés dans lesquels pointent des affleurements dispersés de Jurassique, de Werfénien ou de conglomérats versicolores. On a là la même disposition qu'à la Punta Alzabecchi, et c'est la même unité à série stratigraphique réduite qui passe par Carpe et que l'on suit en continuité jusqu'ici, toujours en contact anormal sur le Trias briançonnais. Au-dessus de cette série on ne trouve pas ici les gneiss, mais à nouveau cette même série redoublée : dolomies broyées, marbres jurassiques et calcschistes crétacés. Enfin, tout au sommet, recouvert de pins, affleure le Ladinien de la série prépiémontaise du Poggio Balestrino - Monte Gallero.

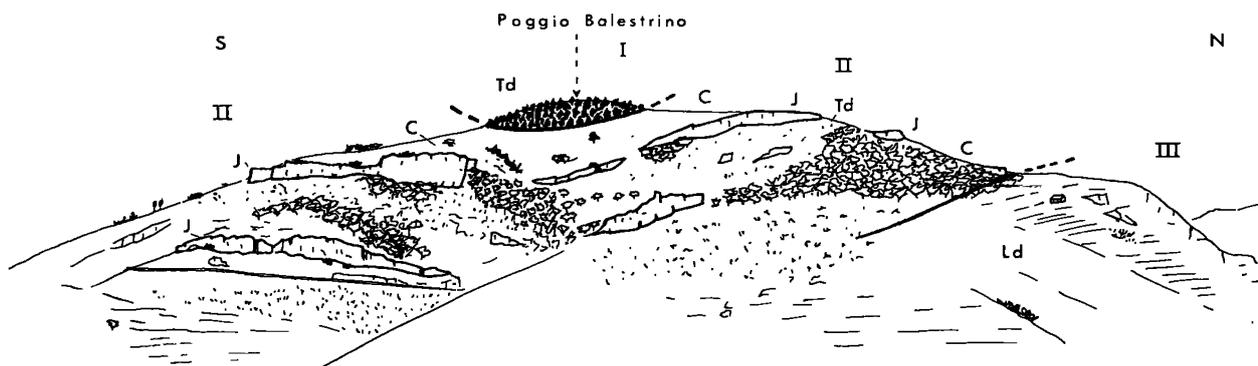


Fig. 6. — Panorama n° 3, vu de Toirano vers le Poggio Balestrino.

I, Unité triasico-liasique du Poggio Balestrino - M. Carmo ; II, Unité à série briançonnaise interne très écaillée ; III, Unité à série briançonnaise du M. Carmo. Pour les abréviations, voir fig. 5.

2. Analyse statistique des petites déformations.

Nous avons déjà vu que les gneiss ont subi au moins une phase de déformations qui ne se retrouve pas dans les formations permienes ni, méso-

zoïques. Par contre, les déformations alpines ont affecté toutes les roches intensément. Dans les gneiss elles se traduisent par des microplis en chevrons et des kink-bands dans les micas. Dans les roches permienes, triasiques et crétacées

(fig. 7), elles se traduisent par des microplis-failles ou, à plus grande échelle, par des plis semblables décimétriques accompagnés d'une schistosité de fracture grossière. Si l'on fait des mesures statistiques des directions de ces axes de plis, on observe des variations de direction assez nettes entre le Permien, le Trias et le Crétacé. La direction principale de la linéation alpine pour le Permien est orientée au 90° , pour le Trias au 110° et pour le Crétacé au 300° . Le style identique des déformations associées à cette linéation dans les différentes roches montre bien qu'il s'agit

de la même phase de déformation. Les différences observées dans les directions des axes, statistiquement, plaident en faveur de l'allochtonie respective des ensembles Permien-Trias-Crétacé : Trias écaillé sur le Permien, Crétacé charrié sur le Trias. Les petites déformations seraient donc ici antérieures à la tectonique tangentielle. Notons que la direction, dans le Trias, des axes des petits plis est la même que celle des plis kilométriques que l'on y observe WNW-ESE. Or nous avons vu que ces grands plis sont antérieurs aux écaillages et aux charriages.



Fig. 7. — Déformation du matériel sédimentaire.

1. Trias. Déformation tardive de type « strain-slip cleavage » dans les lits sériciteux d'un calcaire anisien. Axe des microplis : $110-280$. Salto del Lupo.

2. Néocrétacé. Style de la déformation tardive dans les calc schistes néocrétacés. Plissement intense accompagné d'une schistosité de plan axial grossière. Axe des plis : $290-120$. Balestrino.

Toutefois, s'ils étaient seuls, les arguments de microtectonique statistique ne seraient pas probants car les différents ensembles Permien-Trias Crétacé sont lithologiquement très différents et n'ont pas la même compétence.

3. Conclusions.

Les observations faites précédemment sur les panoramas et dans la première partie pour les gneiss nous ont amenés aux conclusions suivantes :

1° Existence d'une unité supérieure triasico-liasique charriée.

Au Poggio Balestrino, et se développant à l'Ouest du secteur étudié dans le chaînon du Monte Gallero, affleure une unité comprenant Ladinien, Carnien, Norien, Rhézien et Lias. Cette unité, par sa série stratigraphique, ses fossiles, ses faciès, présente des affinités avec les séries de type prépiémontais. Au point de vue tectonique, J.-P. BLOCH [16] a montré que cette unité a été cisailée à la base et charriée. Elle repose soit sur les gneiss de Calizzano au Nord, soit sur le Trias du massif du Monte Carmo au Poggio Balestrino, par l'intermédiaire d'une série mésozoïque très écaillée. Ce contact anormal, subhorizontal, est jalonné de cargneules.

2° Existence d'une unité mésozoïque très écaillée, charriée.

Sous cette unité supérieure triasico-liasique charriée affleure une bande plus ou moins continue de terrains très écaillés, comprenant du Permien schisteux, du Verrucano, du Werfénien, des dolomies en général broyées, des marbres jurassiques, des calcschistes crétacés et du Nummulitique. Cette bande se suit depuis le Giogo di Toirano, passe par Carpe, fait le tour à mi-pente du Poggio Balestrino. Elle se continue plus à l'Ouest, et c'est elle qui forme la « fenêtre » de Castelvecchio, entaillée par la vallée de la Neva, décrite en 1910 par BOUSSAC [22] et qui n'est donc en fait qu'une demi-fenêtre.

Cet ensemble repose en contact anormal jalonné de place en place par des cargneules et en discordance cartographique sur le Trias du massif du Monte Carmo. Malgré son écaillage très intense, on peut y reconstituer une série type. Cette série, lacunaire, très réduite, avec en particulier

transgression du Tithonique sur le Trias moyen, présente beaucoup d'affinités avec la série de type Briançonnais interne (Acceglio) définie par J. DEBELMAS et M. LEMOINE [18] et retrouvée pour la première fois en 1961 par J.-P. BLOCH dans le Finalese.

3° Présence d'une unité gneissique charriée.

Nous ne reviendrons pas en détail sur les observations qui permettent de montrer que le massif gneissique de Loano est charrié. Rappelons que le massif de Calizzano, au Nord, présente les mêmes faciès et la même position structurale que celui de Loano et que ces deux massifs formaient certainement une seule unité charriée, actuellement disjointe par l'érosion. Nous pouvons maintenant essayer de préciser l'origine de ces gneiss. Nous avons vu que la couverture stratigraphique propre des gneiss ne se voit ni dans le massif de Loano, ni dans celui de Calizzano. Mais on trouve d'après M. VANOSSI [21], sur celui de Calizzano, des écaillés mésozoïques qui ressemblent à celles que l'on trouve à la base des deux massifs. S'il s'agit vraiment des mêmes écaillés, le fait de les trouver à la fois sur et sous les gneiss pourrait indiquer que c'est justement là leur couverture décollée. Il faudrait alors admettre que les gneiss ont pour origine la ride du Briançonnais interne.

Notons que vers le SW on ne trouve plus les gneiss (panorama n° 3). Il semble bien qu'ici les gneiss n'ont pas été érodés, mais que leur absence est originelle. Deux hypothèses peuvent rendre compte de cette disposition : ou bien les gneiss ont été charriés sous forme de lames discontinues, ou bien le front de leur charriage passait à peu près entre Toirano et Carpe alors que l'unité supérieure prépiémontaise a été charriée plus loin. Plus à l'Ouest, dans la « fenêtre » de Castelvecchio, J.-P. BLOCH a retrouvé un affleurement de gneiss à grandes paillettes de muscovite, entre les calcschistes crétacés de la « fenêtre » et les conglomérats liasiques du Monte Alpe (comm. orale). Les gneiss et la série des écaillés mésozoïques auraient été entraînés sous l'unité supérieure plus interne qui serait partie plus en avant.

4° Le massif permo-triasique du Monte Carmo.

Le massif permo-triasique du Monte Carmo est recouvert en contact anormal par les trois unités précédentes. Du point de vue stratigraphique, la

série triasique de ce massif est de type Briançonnais externe. Le massif est formé de plusieurs écaillés superposés. On ne trouve jamais un contact stratigraphique normal entre le Permien et le Trias, mais on peut penser que l'ensemble formé par le Permien et le Trias est subautochtone. Il apparaît en demi-fenêtre sous les unités gneissique, Briançonnaise interne et Prépiémontaise.

5° *Style de la tectonique.*

Il faut distinguer le style tectonique du massif du Monte Carmo et celui des unités charriées. Le massif du Monte Carmo présente des plis d'axe WNW-ESE, tranchés par des chevauchements (panorama n° 1). Les unités supérieures charriées présentent des écaillages internes, mais apparemment pas de grands plis. Les charriages des unités gneissique et triasico-liasique sont de type cisailant.

6° *Différents événements tectoniques.*

Les premiers événements décelables à grande échelle sont les grands plis souples d'axe WNW-ESE, connus dans le massif du Monte Carmo. Ces

plis sont antérieurs aux chevauchements qui ont découpé le massif en plusieurs écaillés. En effet, ces plis sont tranchés net par les chevauchements.

Le charriage des unités supérieures gneissique et mésozoïques est postérieur aux plis et à l'écaillage du massif du Monte Carmo. On observe en effet une discordance cartographique entre les structures internes de ce massif et le contact de base des unités charriées. Il semble même qu'une phase d'érosion ait précédé leur arrivée, puisque les gneiss reposent à Loano sur le Permien et à Calizzano sur le Trias moyen du massif du Monte Carmo.

Enfin des failles tardives ont découpé la région, affaissant tout le secteur littoral. C'est pourquoi le Trias du Monte Carmo apparaît nettement en relief au-dessus des gneiss de Loano, en réalité charriés sur lui. On a là une sorte d'inversion de la situation tectonique primitive. On connaît le même phénomène dans les Alpes Apuanes où, là aussi, la fenêtre tectonique des Alpes Apuanes forme des reliefs beaucoup plus élevés que les unités charriées sur elle.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARBIER (R.), BLOCH (J.-P.) *et al.* (1960-63). — Problèmes paléogéographiques et structuraux dans les zones internes des Alpes occidentales entre Savoie et Méditerranée. In « Livre à la mémoire du professeur P. Fallot », vol. 2, p. 331-377.
2. CONTI (S.) (1950). — Un grande massicio frammentario gneissico-granitico nelle Alpi liguri (*Atti Acad. Naz. Lincei*, 8° série, vol. 2, Roma).
3. STREIFF (P.) (1956). — Zur Geologie des Finalese (*Mitt. Geol. Inst. Zürich*, ser. C, n. 67, p. 1-82).
4. BELLINI (A.) (1964). — Nuove osservazioni petrologiche e geologiche sul cristallino delle Alpi liguri e del Savonese in particolare (*Atti Ist. Geol. Genova*, vol. 2, f. 2, p. 101-191).
5. KEREZ (C.) (1955). — Zur Geologie des Savonese (*Mitt. Geol. Inst. Zürich*, ser. C, n. 59, p. 1-81).
6. TERMIER (P.) et BOUSSAC (J.) (1912). — Le massif cristallin ligure (*B.S.G.F.*, n° 4, vol. 12, p. 272-311).
7. BLOCH (J.-P.) (1964). — Les gneiss du domaine Briançonnais ligure (*C.R.A.S. Paris*, t. 259, p. 421-424 et 604-607).
8. BLOCH (J.-P.) (1965). — Nappe de cisaillement et érosion précoce dans les Alpes ligures (*C.R.A.S. Paris*, t. 260, p. 4016-4019).
9. BOITEAU (A.) (1971). — Le massif gneissique de Loano : témoin méridional extrême de la nappe des gneiss ligures (*C.R.A.S. Paris*, t. 272, D, p. 370-373).
10. BLOCH (J.-P.) (1965). — Le Permien du domaine Briançonnais ligure. Symposium sul Verrucano, Pisa, p. 99-115.
11. DEBELMAS (J.) (1955). — Les zones subBriançonnaises et Briançonnaises occidentales entre Vallouise et Guillestre (*Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*, 172 p.).
12. BLOCH (J.-P.) et BOITEAU (A.) (1971). — Trias Briançonnais et Trias ligure : précisions stratigraphiques (*C.R.A.S. Paris*, t. 272, D, p. 519-522).
13. VANOSSI (M.) (1969). — La serie Briançonnese del Salto del Lupo (Liguria occidentale). Osservazioni sedimentologico-stratigrafiche (*Atti Ist. Geol. Pavia*, vol. 20).
14. ELLENBERGER (F.) (1958). — Etude géologique du pays de Vanoise (*Mém. Carte Géol. Fr.*, 560 p.).

14. MÉGARD-GALLI (J.) (1968). — Etude stratigraphique et tectonique du Monte Boulliagna (*Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 44, p. 291-321).
15. ROVERETO (G.) (1897). — Sulla stratigrafia della valle della Neva (*Boll. Soc. Geol. Ital.*, vol. 16).
16. BLOCH (J.P.) (1960). — Les brèches liasiques du Monte Gallero (*C. R. Som. S. G. F.*, n° 5, p. 100-101).
17. VANOSSI (M.) (1965). — Le unità stratigrafico-strutturali tra il Pizzo d'Ormea e il Monte Gallero (*Atti Ist. Geol. Pavia*, vol. 16).
18. DEBELMAS (J.) et LEMOINE (M.) (1957). — Calcschistes piémontais et terrains à faciès Briançonnais dans les hautes vallées de la Maira et de la Varaita (*C. R. Som. S. G. F.*, n° 3, p. 38).
19. BLOCH (J.-P.) (1961). — Présence d'une série post triasique à faciès Briançonnais le long de la côte ligure dans le Finalese (*C. R. Som. S. G. F.*, n° 3, p. 63).
20. ROVERETO (G.) (1939). — Liguria geologica (*Mem. Soc. Geol. Ital.*, 500 p.).
21. VANOSSI (M.) (1969). — Osservazioni preliminari sulla continuazione orientale delle unità stratigrafico-strutturali dell'alta valle del Tanaro (Brianzone s. l.) (*Atti Ist. Geol. Pavia*, vol. 20).
22. BOUSSAC (J.) (1910). — La fenêtre de Castelvechio (*C.R.A.S. Paris*, vol. 151, p. 1163).

Laboratoire de Géologie structurale et appliquée.
Faculté des Sciences, 91 - Orsay.