

# Quelques remarques sur l'étude géologique du massif cristallin Dora-Maira (Alpes cottiennes internes, Italie) et de ses abords

par Pierre VIALON

Devant la multiplication actuelle des publications scientifiques volumineuses, le géologue éprouve de plus en plus de difficultés pour se tenir au courant des dernières parutions et de l'évolution des idées concernant des problèmes susceptibles de l'intéresser. C'est pourquoi il a paru souhaitable de présenter ici une analyse de mon mémoire<sup>1</sup> sur les Alpes cristallines internes, en l'assortissant de quelques commentaires suggérés par des travaux parus sensiblement à la même période. Cette mise au point est naturellement partielle, et il est bien évident que pour le détail des problèmes abordés il sera utile de se reporter aux différents ouvrages cités.

## Résumé de l'ouvrage sur le massif Dora-Maira.

Le massif Dora-Maira ne doit son individualité qu'aux géologues. C'est en effet B. GASTALDI qui, en 1876, définit « l'ellipsoïde de gneiss central de Dora - Val Maira ». Il avait été frappé par l'opposition existant entre les roches gneissiques grossières qui affleurent depuis la vallée de la Dora Riparia au Nord jusqu'à celle de la Maira au Sud, et les micaschistes calcifères beaucoup plus fins et mêlés de roches vertes qui se situent aux alentours. C'est ce secteur « gneissique », compris entre les alluvions de la plaine padane, à l'Est, et les masses

des « Schistes lustrés » ailleurs, qui a fait l'objet de l'étude analysée ici.

L'ouvrage comporte deux parties analytiques, pétrographique et structurale, suivies d'un essai d'interprétation et de synthèse qui, du triple point de vue de la stratigraphie reconstituée, des métamorphismes et de l'architecture, permet de replacer le massif Dora Maira dans l'orogène alpin.

### A) Pétrographie.

Le massif Dora-Maira est constitué par cinq grands ensembles définis comme des entités cartographiables, individualisées par leur homogénéité lithologique (due au métamorphisme ou aux roches originelles) ou par une suite de faciès difficilement dissociables pour des raisons architecturales ou pétrographiques.

L'ensemble des *calcschistes* correspond à la masse des « Schistes lustrés » qui enveloppe presque complètement les faciès « gneissiques » sous-jacents du massif proprement dit. Il se rencontre toutefois aussi en pincées ou en longs linéaments d'origine tectonique au sein des gneiss.

Avec ses différents faciès (micaschistes quartzitiques, quartzites blancs, dolomies plus ou moins marmorisées, roches vertes variées et surtout micaschistes riches en calcite et matière carbonneuse), cet ensemble est relativement complexe. Les *calcschistes* en sont néanmoins le composant principal. Cependant ces roches sont loin d'être prédominantes lorsque, vers la base de l'ensemble, on approche des niveaux gneissiques. C'est que là,

<sup>1</sup> Ce mémoire a paru dans la série des *Travaux du Laboratoire de Géologie de Grenoble*, Mémoire n° 4, 2<sup>e</sup> semestre 1966 (282 p., bibliographie, 64 figures dans le texte, analyses chimiques nouvelles, 4 planches hors texte dont une carte au 1/100 000<sup>e</sup> en couleurs).

où se rencontrent les niveaux quartzitiques et calcaréo-dolomitiques, la présence de fossiles permet d'assurer qu'on est en présence de formations triasiques, début du comblement mésozoïque de la grande fosse alpine (S. FRANCHI, A. MICHARD...). Cette datation est d'importance, car elle permet de caler vers le haut la chronostratigraphie des ensembles gneissiques du massif Dora-Maira et d'étalonner dans ces régions la puissance du métamorphisme qui ne peut être que d'âge alpin.

La série sédimentaire initiale dans sa succession normale (bien souvent perturbée par des déformations intenses s'accompagnant de recristallisations) est d'abord détritique puis calcaréo-dolomitique et se poursuit vers le haut par des formations argilo-marneuses chargées de matière organique, épaisses et monotones malgré quelques horizons détritiques et de fréquents épanchements volcaniques basiques.

Lors des mouvements liés à l'orogénèse alpine, ces roches sont déformées et la structure intime des anciens matériaux est totalement remaniée. De nouvelles formes structurales apparaissent et, induits par celles-ci, des cristaux de métamorphisme naissent. Soumises à la nature du matériel originel, les associations minérales créées indiquent cependant toujours que l'essentiel des recristallisations s'est produit sous de hautes pressions et des températures relativement basses. D'une façon générale l'ensemble des calcschistes appartient à une série métamorphique de type Barrowian évoluant depuis les sous-faciès les plus froids des « Schistes verts », vers des sous-faciès plus « chauds ». En effet, les structures des roches étudiées permettent de distinguer au moins trois stades successifs dans la cristallogénèse :

- 1 — Formation de phengite, glaucophane et probablement graphite ;
- 2 — Chloritisation du glaucophane, formation de chloritoïde, chlorite, trémolite, talc et grenat de type spessartine ;
- 3 — Démantèlement des minéraux des premières générations et cristallisation à leurs dépens de biotite, épidote et grenat plus proche de l'almandin.

Ce schéma, qui semble indiquer une succession polymétamorphique, est probablement fallacieux et simplifié à l'extrême. Il est en effet vraisemblable que ces différentes pulsations, qu'on sépare afin

d'en faciliter la description, sont les reflets de paliers successifs d'une même évolution métamorphique, continue et compliquée. Quoi qu'il en soit, cet aspect complexe des recristallisations dans un domaine où elles sont nécessairement d'âge alpin est important à souligner : les seules transformations alpines présentent des caractères à la fois « rétrogrades » en ce qui concerne les pressions, et « progressifs » pour ce qui est de l'évolution thermique ; cela entraîne des déstabilisations des minéraux successivement créés dans différentes conditions thermodynamiques et ces aspects devront être retrouvés dans les ensembles gneissiques sous-jacents avant d'affirmer que les paragenèses qu'on y rencontre participent de recristallisations antérieures au phénomène spécifiquement alpin.

*L'ensemble de Sampeyre* permet d'aborder les faciès de gneiss et micaschistes qui appartiennent en propre au massif Dora-Maira. Il est peu développé, ses affleurements sont très dispersés et il constitue une transition vers les ensembles gneissiques. Formé surtout par des quartzites verdâtres très micacés, des quartzites conglomératiques polychromes et des micaschistes nacrés, l'ensemble de Sampeyre passe en toute continuité vers le haut aux quartzites triasiques en perdant ses micas, et vers le bas à l'ensemble de Dronero (avec lequel il peut souvent être confondu), en se chargeant de feldspaths.

Ces horizons correspondent à des roches originellement détritiques et argileuses d'un domaine de sédimentation continental subtropical. La dissémination actuelle de tels dépôts est sans doute due en grande partie à une dispersion initiale d'épanchages locaux où l'altération climatique a produit des argiles montmorillonitiques.

Le métamorphisme d'épizone qui affecte cet ensemble, avant, pendant et après de puissantes déformations, est tout à fait comparable à celui qui est révélé par les roches calcschisteuses sus-jacentes. Ici encore la série métamorphique est de type Barrowian. Ses faciès de Schistes verts évoluent progressivement depuis des sous-faciès de basse température (avec phengite et chloritoïde) jusqu'à des sous-faciès plus chauds (avec néophengite, clinocllore, biotite verte, épidote et grenat) en même temps que s'accroissent déformations et mouvements internes de matière. Comme précédemment, le réchauffement ultime est sensible car

des épidotes et quelques grenats se forment pendant que, à la place de la chlorite, la biotite apparaît sous des aspects particuliers vert et kaki qui indiquent son domaine débutant. La dissipation des hautes pressions n'est toutefois pas totale car si un minéral comme le chloritoïde est marqué par un début de déstabilisation et un morcellement, il ne disparaît pas entièrement, même s'il ne réunit plus les conditions convenables pour recristalliser à partir de ses débris.

Bien que l'épisode à glaucophane paraisse absent de l'ensemble de Sampeyre (ce qui est probablement dû à une composition particulière de ses roches), il existe un étroit parallèle entre son évolution métamorphique et celle qu'a révélée l'ensemble des calcschistes. Stratigraphiquement bien relié à l'ensemble mésozoïque, l'ensemble de Sampeyre ne s'en sépare pas non plus par son histoire métamorphique.

On doit en dire de même pour *l'ensemble de Dronero*. En effet, situé sous celui de Sampeyre et au-dessus de ceux de Pinerolo et des Gneiss glanduleux, cet ensemble possède souvent de grandes analogies avec les niveaux qui le recouvrent. Localement même, ses faciès feldspathiques, par perte de micas et de feldspaths, montrent de belles transitions vers les quartzites triasiques (« Bargio-line » du Monte Bracco).

Malgré l'existence de roches des autres ensembles possédant des caractères convergents, les faciès de l'ensemble de Dronero sont assez bien individualisés. La grande régularité apparente des « couches » des différents matériaux (gneiss de Luserna en particulier), la constance des micas phengitiques verdâtres et l'habituelle liaison de faciès détritiques et éruptifs sont les meilleurs repères. Cet ensemble est en effet surtout constitué par des niveaux volcano-détritiques où les gneiss œillés sont soit d'origine nettement subvolcanique (porphyroïdes granophyriques), soit d'origine mixte, tufodétritique ou ignimbritique (porphyroïdes arkosiques<sup>2</sup> et micaschistes argentés microconglomératiques constamment associés). Il s'agit là des résultats d'importantes émissions volcaniques

acides où la grande masse tufacée se relie à des sills et filons moins nettement effusifs mêlés à leurs produits de désagrégation immédiate et d'altération sous climat aride. Comme pour les faciès reconnus dans l'ensemble de Sampeyre, il est net en effet que les éruptions se produisent dans une ambiance continentale. Des horizons lenticulaires de micaschistes à galets quartzeux, très analogues à ceux que l'on rencontre plus haut, en témoignent.

Vers la base de ces successions apparaissent cependant des gneiss fins albitiques qui sont sans doute d'anciens grès et greywackes. Ces roches sont localement conglomératiques et se chargent progressivement de matière charbonneuse, ce qui souligne leur passage continu à l'ensemble graphitique de Pinerolo sous-jacent. Mais les faciès volcano-détritiques de Dronero peuvent aussi reposer directement sur l'ensemble des Gneiss glanduleux. Parfois, et c'est le cas tout au long d'une bande de terrains affleurant sur plusieurs dizaines de kilomètres entre le Pellice et le Rocciavre, ce sont les porphyroïdes arkosiques qui interviennent sur des formations attribuables à un socle. En effet, les gneiss œillés de l'ensemble de Dronero sont alors localement parsemés de galets variés et volumineux (ce qui contribue à renforcer l'idée de l'origine détritique de ces roches pourtant souvent qualifiées ailleurs d'orthogneiss), et par endroit une discordance angulaire, selon toute probabilité sédimentaire, a pu être mise en évidence (Colle Clapier).

De cette brève revue des roches de l'ensemble de Dronero il ressort que l'essentiel des dépôts initiaux sont volcano-détritiques. Naturellement, ici comme précédemment, d'importantes déformations, combinées à des recristallisations, ont considérablement remanié la structure primitive et l'ancienne composition minéralogique de ce matériel. Les paragenèses rencontrées permettent cependant de retrouver certaines des caractéristiques originelles (éléments détritiques ou volcaniques, feldspaths potassiques de haute température) et de constater que leur évolution illustre des conditions polyphasées du métamorphisme, comparables à ce qui a été étudié plus haut dans un domaine strictement alpin. C'est dire que l'ensemble de Dronero, malgré ses faciès gneissiques à l'aspect trompeur, n'appartient pas à un cycle antérieur. On y retrouve une série métamorphique de type Barrowian montrant une succession de transformations depuis un stade de hautes pressions et « froid »

---

<sup>2</sup> Cette appellation apparemment contradictoire a pour but d'indiquer que ces roches à faciès gneissique ont une origine complexe, à la fois éruptive et détritique. Il s'agit des « pierres de Luserna », bien connues dans la région pour leur facile clivage en dalles et leur utilisation dans la maçonnerie et les toitures.

vers un stade plus « chaud » à pressions atténuées. L'évolution peut en être schématisée comme suit :

- 1 — Stade initial de « phyllitisation » : formation de phengite et d'amphibole sodique.
- 2 — Stade intermédiaire avec cristallisation de grenat, chloritoïde et remaniement du glaucophane en une hornblende bleu-vert.
- 3 — Stade sinon ultime dans le contexte général, du moins le plus récent quant aux recristallisations importantes, avec apparition de biotite et chlorite aux dépens des anciens éléments ferromagnésiens et développement des épidote et albite. Cela traduit un réchauffement sensible créant des paragenèses plus conformes au faciès des Schistes verts habituels que celles des phases initiales.

Ce canevas, fort comparable à celui qui a été défini dans les horizons supérieurs, doit être complété par quelques notions quantitatives. On constate en effet que dans l'ensemble de Dronero la biotite prend un large développement et tend à passer des couleurs vert-kaki à un brun plus banal. Par ailleurs les grenats et amphiboles subsistent très régulièrement. D'autre part, dans les sills de matériel granophyrique, les biotites anciennes, au lieu d'être chloritisées, sont épigénisées par des micas blancs mêlés aux néobiotites. Cela permet d'envisager que la montée thermique ultime est ici assez prononcée et que le faciès Amphibolite, à albite et épidote, peut être atteint.

*L'ensemble graphitique de Pinerolo*, dont on a vu le passage progressif à celui de Dronero, s'individualise facilement grâce à la constante imprégnation en matériel charbonneux (transformé en graphite) des micaschistes et gneiss fins banaux qui le constituent. Quelques caractères lui confèrent cependant une originalité certaine : ce sont en particulier les nombreux bancs lenticulaires de conglomérats qui le parsèment. Ces niveaux détritiques à galets de natures variées et ciment de gneiss fin habituel, sont extrêmement déformés. Cette déformation, qui atteint d'ailleurs tout l'ensemble — elle a pu provoquer des accumulations de ce matériau particulièrement plastique qu'est le graphite, au point de le rendre localement exploitable (Bas Chisone) —, se traduit sur les gneiss conglomératiques par un étirement considérable des galets dont l'allongement peut dépasser de plus de dix fois le diamètre transversal.

Ces différents faciès graphiteux se situent au-dessus des niveaux qui appartiennent à l'ensemble des Gneiss glanduleux. Jamais cependant les deux formations ne sont séparées par une discordance stratigraphique évidente. C'est que les dispositions initiales ont été très remaniées par les déformations, et actuellement l'ensemble graphitique se retrouve le plus souvent en longues pincées « synclinales » couchées, coincées et laminées entre les masses plus rigides des gneiss glanduleux.

La nature des roches en présence comme leur gisement suggèrent qu'on a affaire ici à des dépôts de bassins limniques aux dimensions modestes et relativement indépendants les uns des autres. Les mouvements ultérieurs, où sont impliqués les gneiss grossiers du socle, ont plus ou moins préservé cette disposition primitive ; mais avec les déformations provoquant des étirements et des pincements du matériel graphitique souple entre des échardes souvent volumineuses du substratum plus rigide, des recristallisations sont apparues. Elles sont en tous points comparables à celles des ensembles plus élevés. La seule particularité notable est le développement généralisé de la néobiotite brune (et, à un degré moindre, du grenat), qui naît d'abord en se guidant sur les plans structuraux successifs (litage, schistosité) puis n'est plus orientée et se surimpose à la foliation régionale de façon désordonnée. L'évolution métamorphique est donc très continue et, si l'on doit encore envisager une phase de fortes pressions (phengite, chloritoïde, graphite, amphibole sodique), le réchauffement ultime semble se réaliser après les déformations qui donnèrent naissance aux feuilletages de ces roches et aux multiples plis intrafoliaux (« fossilisation » de ces derniers par inclusion de leurs composants dans les albite et biotite de fin de cristallo-genèse).

*L'ensemble de Gneiss glanduleux* doit être considéré comme un socle plus rigide, métamorphisé, granitisé et déjà érodé lors du dépôt des autres ensembles. Il correspond en partie seulement au groupe des « gneiss ghiandoni » des anciens auteurs italiens qui englobaient sous ce terme tous les gneiss œillés du Massif Dora-Maira.

La trame de fond de cet ensemble est constituée par une association complexe de gneiss fins albitiques et de micaschistes, où s'intercalent des niveaux d'amphibolites très boudinées qui sont

d'anciennes laves basiques (restes de quelques niveaux à pillows lavas). Cette association suggère qu'il s'agit là de matériaux de type Culm, touchés, en plus du métamorphisme, par d'importantes granitisations. Les premières manifestations de celles-ci sont représentées par des faciès de gneiss amygdalaires et de migmatites hétérogènes. Ces phénomènes marginaux qui, entre les nodules de feldspathisation et les filonnets de matériel granitique leucocrate, laissent relativement intacts les schistes cristallins, traduisent une activité profonde plus intense. Celle-ci s'individualise sous la forme de grandes masses granitiques calco-alcalines à monzonitiques, résultat de la mobilisation complète du matériel où elles interviennent. C'est ce que les événements ultérieurs ont transformé en des faciès de gneiss œillés homogènes. Enfin, dans ce bâti déjà complexe, apparaissent de petites intrusions de granodiorite à grain fin. Ce sont ces roches qui ont pris, grâce aux déformations et recristallisations récentes, des faciès caractéristiques d'orthogneiss à enclaves (« gneiss dionitiques » du Chisone).

Dans ces formations déjà consolidées et peut-être déjà en voie d'être disséquées par les mouvements des phases proprement alpines de leur histoire, viennent se mettre en place les intrusions en sills et filons du granite de la Varaita (gneiss granitoïde de Brossasco). Recoupant toutes les traces des granitisations antérieures, cette roche en est indépendante et on a pu se demander si elle ne représentait pas les cheminements profonds des éruptions acides de l'ensemble de Dronero. Quoi qu'il en soit, lors de sa mise en place, le granite de la Varaita a ramené de ses épontes profondes des lambeaux qui présentent des faciès élogitiques à grenats géants assez extraordinaires (« pegmatites » noduleuses du bas Val Pô et de la Varaita).

Sous ces différents aspects l'ensemble des Gneiss glanduleux montre des minéraux et des structures qui permettent de reconstituer les divers faciès originaux, mais aussi une histoire des recristallisations ultimes. Cette évolution récente est analogue à celle qui a été décelée plus haut, là où on a pu la juger d'âge alpin. Il en découle nettement que les Gneiss glanduleux appartiennent à un socle polymétamorphique, un temps important séparant le premier métamorphisme, compliqué de granitisations, des phases récentes. L'histoire métamorphique ancienne est difficile à déchiffrer, et

ce qu'on en connaît est incomplet. Il est certain que dans les niveaux élevés, de la biotite et des grenats existaient avant les recristallisations récentes ; peut-être aussi des silicates d'alumine et des plagioclases ( $An > 10$ ). En profondeur, si l'on en juge par les lambeaux remontés par le granite de la Varaita, le même métamorphisme devait développer du grenat pyrope, des pyroxènes orthorhombiques, du disthène et du rutile. Mais l'essentiel des cristallogénèses anciennes était dû aux granitisations qui ont entraîné la formation d'une grande quantité de biotite et de phénocristaux de feldspaths orthosiques.

C'est à partir de ces matériaux, plus ou moins morcelés et remodelés par les déformations alpines (apparition de la foliation dans les masses granitiques), que se développent les transformations récentes. On en connaît les modalités ailleurs, et ici la nouvelle cristallogénèse peut parfaitement se paralléliser avec celle que révèlent les autres ensembles. Cependant les traces successives sont souvent délicates à mettre en évidence, surtout dans les faciès où les métamorphismes sont isozonaux. Aussi existe-t-il parfois une certaine ambiguïté dans l'attribution de quelques horizons à un ensemble déterminé. Ce n'est pas toujours, tant les convergences peuvent être troublantes, que l'étude des gisements permet de lever le doute. Heureusement, en bien des cas, l'albite récente peut jouer le rôle de repère. En effet, ce minéral conserve souvent en inclusion des cristaux de l'ancienne génération (la biotite en particulier, plus ou moins transformée par les premières phases des recristallisations récentes), alors que la néobiotite, qui a remplacé les éléments ferromagnésiens primitifs, n'est jamais engluée par le feldspath sodique.

## **B) Structure.**

Des déformations, associées à différents climats métamorphiques, ont élaboré en deux temps principaux les structures qui règlent la disposition des ensembles pétrographiques. A l'échelle de l'échantillon ou de l'affleurement (mésostructures), comme à celle de la région et de la carte (mégastructures), le massif Dora-Maira révèle deux types d'organisation : des structures transversales sensiblement Est-Ouest et des structures longitudinales à peu près Nord-Sud. Les cristallogénèses sont généralement intimement liées aux processus de défor-

mation, mais c'est surtout avec l'épisode transversal que, dans le massif et ses abords, se règle l'essentiel des recristallisations alpines et de l'architecture.

Les lignes structurales les plus évidentes du massif sont en effet des plis aux flancs souvent considérablement laminés jusqu'à la rupture (les contacts anormaux qui naissent ainsi sont alors jalonnés par des roches de l'ensemble des calcschistes : chevauchements de la Varaita ou du bas Val Pô, par exemple), dont les directions axiales s'organisent suivant tout un éventail allant de N 60° E à N 120° E. Il s'agit d'une accumulation de plis isoclinaux à déversements antagonistes : ceux de la partie nord du massif sont couchés vers le Sud, ceux de la partie sud le sont vers le Nord ou Nord-Est. C'est cette disposition qui détermine l'aspect général du massif en grand dôme surbaissé. En effet, la superposition des plis isoclinaux couchés a entraîné la naissance d'une schistosité de plan axial qui, grâce aux recristallisations synchronématiques, devient une foliation aux caractères constamment soulignés par de multiples replis intrafoliaux. Mais l'opposition des déversements fait que sur le parallèle passant par Pinerolo naît une zone d'affrontement des structures, où l'on rencontre une série d'antioclinaux étroits de style éjectif, aux axes presque exactement Est-Ouest. Là, la belle régularité de la coupole de foliation est rompue car les structures planes des schistes cristallins y restent parallèles aux plans axiaux des plis et tendent donc à devenir verticales.

C'est au cours de cet épisode que se crée, dans toutes les Alpes cottiennes, le réseau de linéations minérales prévalent, toujours régulièrement orienté comme les plis plus ou moins chevauchants de ces structures transversales. Tous les ensembles sont impliqués dans cette organisation, et celui des calcschistes comme les autres. Les masses des Schistes lustrés extérieures au massif Dora-Maira subissent la même règle que les étroites pincées intérieures qui jalonnent des contacts anormaux dans les ensembles gneissiques. Ce fait souligne le synchronisme de ces chevauchements aux plans parallèles à la foliation régionale, des plis liés à cette même foliation, de la linéation et des cristallisations qui suivent ces guides et qui sont alpines puisque les roches mésozoïques en sont affectées.

Toutes ces structures transversales accusent un

plongement axial en direction de l'Ouest. Cela se traduit souvent comme un simple ennoyage de l'édifice qui paraît basculer sous les Schistes lustrés occidentaux. Mais parfois des cassures et des replis longitudinaux viennent compliquer ce schéma. Simples froncements, au début plus ou moins obliques sur les structures transversales, ces formes nouvelles peuvent aller jusqu'à de véritables plis couchés vers l'Est ou évoluer en failles inverses (à pendage ouest), perpendiculaires aux axes de plissement initiaux. Comme la disposition, suivant un éventail N 60° N 120° E, des premières structures intervient quelque peu dans l'organisation de ces nouvelles structures longitudinales, l'image obtenue est celle d'un diaphragme-iris qui se clôt.

Dans une bonne partie du massif, mais surtout le long de sa marge occidentale, les écaillages méridiens se produisent d'abord dans un climat permettant encore les recristallisations. Il en naît de nouvelles linéations minérales sensiblement longitudinales, mais, comme l'importance du phénomène est médiocre, ces nouvelles traces n'oblitérent jamais totalement les orientations transversales. Très vite d'ailleurs la déformation se poursuit hors du domaine métamorphique. Seul subsistera alors un style cassant qui va altérer la disposition de la grande voûte transversale et, avec l'effondrement padan, lui donner son aspect actuel.

Un tel schéma de l'évolution structurale ne permet pas de retrouver des traces antérieures à l'épisode transversal. On en a déduit que cette première réorganisation des différents ensembles du massif Dora-Maira se calquait exactement sur des lignes directrices du socle. Ce canevas ancien devait être représenté par de grandes sutures déterminant, dans le substratum érodé, de longues dépressions. C'est dans celles-ci que les roches détritiques charbonneuses ont dû d'abord prendre place, en une situation qui n'est pas sans rappeler celles des bassins houillers du Massif Central français, au long de grandes failles conditionnant la subsidence. C'est l'allongement (N 60°-N 120° E) de tels bassins qui aurait commandé au départ la direction des premiers plissements. Interférant bien vite les uns sur les autres et guidant les recristallisations congénères, ces plis vont bientôt dessiner tout l'éventail des structures prévalentes du massif.

Quant à la forme moderne du massif Dora-Maira, en grossière ellipse allongée Nord Sud qui

évoque un brachyanticlinal, on doit penser que l'épisode longitudinal tardif n'y est pas étranger. On peut concevoir en effet que ce sont les écaillages ultimes qui ont canalisé le bombement final. Mais si cet aspect semble ne rien devoir qu'aux déformations récentes, il n'en est pas de même pour la situation du massif au creux de la courbure maximale de l'arc alpin occidental. Il est même possible d'envisager que s'il y a arc, c'est en raison de la convergence des deux systèmes de plissement transversaux NE-SW et NW-SE. Les directions, ligure et italo suisse, de la chaîne alpine

seraient alors le reflet peu perturbé du canevas structural ancien.

### C) *Interprétation.*

Les analyses pétrographiques et structurales ont permis de discerner, au travers des déformations et recristallisations successives, l'état des roches originelles du massif. Si l'on tente de replacer, les uns par rapport aux autres, les différents termes de cette lithostratigraphie reconstituée, on parvient au schéma suivant :

Ensemble des calcschistes	ophiolites marnes et argiles carbonneuses, grès niveaux calcaréo-dolomitiques quartzites		Mésozoïque post triasique  Trias
----- transgression -----			
Ensemble de Sampeyre	arènes microconglomérat, grès et arkoses argiles montmorillonitiques		Néopermien
Ensemble de Dronero	altérations montmorillonitiques et arènes associées grès et greywackes microconglomérats et arkoses tufs volcaniques acides, ignimbrites porphyres granophyriques arkoses et grès carbonneux conglomérats		Permien
~~~~~ discordance ? ~~~~~			
Ensemble graphitique de Pinerolo	grès et greywackes conglomérats	} carbonneux	Carbonifère supérieur
~~~~~ discordance ~~~~~			
Ensemble des gneiss glanduleux	grès et greywackes laves basiques sous aquatiques argilites ferrugineuses (faciès flyschoides ou Culm)		Dévono Carbonifère <sup>3</sup> métamorphisé et granité lors de l'orogénèse hercynienne

Cette suite idéale n'a jamais dû être partout complète et recouvrir de façon uniforme tout le massif Dora-Maira. L'ensemble graphitique ne paraît pas avoir jamais dépassé l'extension de bassins limniques modestes et, par leur nature même, les dépôts volcaniques et continentaux des ensembles de Dronero et de Sampeyre ne peuvent

avoir constitué une couverture homogène. Cette notion de la répartition discontinue des sédiments recouvrant le socle doit même être étendue aux

<sup>3</sup> Il est possible, sinon probable, qu'existent dans le socle des roches plus anciennes, peut-être même précambriennes. Rien ne permet de l'affirmer.

premiers épisodes de l'invasion marine mésozoïque. La disposition et la puissance des faciès de Sampeyre et des masses triasiques sur les pourtours du massif Dora-Maira suggèrent l'existence d'un haut-fond, voire d'une zone émergée, au début de la transgression, sur une transversale médiane, dans la région du Val Pellice. C'est d'ailleurs ce que paraît confirmer la paléogéographie des temps triasiques établie par J. LE GUERNIC (Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Grenoble, 1966) dans la partie nord de la zone d'Acceglio.

En définitive, les dépôts détritiques puis volcano-détritiques des séries intermédiaires viennent s'installer sur des restes de la chaîne hercynienne cratonisée et arasée jusqu'à ses tréfonds granitiques, mais où subsistent quelques dépressions, derniers vestiges de l'orientation de vieux accidents. L'invasion marine, canalisée elle aussi, dans ses débuts, par la topographie de son substratum, établit un peu plus tard un régime généralisé de sédimentation géosynclinale. La chronologie proposée ci-dessus pour ces différents événements n'a pu être fondée que sur des comparaisons, et le seul repère sûr est constitué par la présence de fossiles mésozoïques dans la partie basale des Schistes lustrés (travaux de A. MICHARD). Cependant, cette thèse sur la stratigraphie du Paléozoïque terminal de la région réunit un faisceau d'arguments suffisamment dense pour en rendre l'histoire fort analogue à celle qui est connue à cette époque dans toute l'Europe occidentale, et donc au moins vraisemblable.

Le métamorphisme qui a transformé toutes ces séries, y compris les masses géosynclinales, est intimement lié aux déformations. Le paroxysme des recristallisations est plus particulièrement contemporain de l'épisode transversal, époque où naissent les plis et la foliation de plan axial qui, parallèle au dessin des grandes structures chevau-

chantes, préfigure la grande voûte du massif. Mais les caractéristiques du métamorphisme varient dans le temps et dans l'espace : dans la partie haute de l'édifice on est en présence de paragenèses du faciès des Schistes verts, dans sa base on atteint celles du faciès Amphibolite ; par ailleurs, au fur et à mesure que les déformations changent de nature et d'orientation, les conditions thermodynamiques évoluent pour passer d'un domaine de hautes pressions et basses températures à un autre où sous des pressions atténuées se produit un réchauffement. Ce sont ces deux stades extrêmes, schématisant une évolution polyphasée sans doute plus complexe mais continue, qui ont été retenus dans le tableau récapitulatif ci-dessous.

Ce type de métamorphisme, qui pour l'essentiel est de caractère Barrowian mais peut présenter, surtout dans les Schistes lustrés, des faciès Schistes à glaucophane avant de parvenir à des faciès Schistes verts plus classiques, est intervenu au plus tôt à partir de la fin du Mésozoïque. Dans l'ensemble des Gneiss glanduleux ces événements se superposent à d'anciennes recristallisations qui, pour les plus importantes, sont des granitisations. C'est pourquoi on doit envisager que si le domaine initial du métamorphisme alpin de faible gradient thermique et de fortes pressions est celui d'une aire géosynclinale classique (A. MIYASHIRO), l'évolution des phases ultimes est par contre conditionnée par la présence, ou l'absence, du socle granitique dans la zone de subsidence (effet de socle de M. FONTEILLES et G. GUITARD).

Tout le massif Dora-Maira a dû être situé dans l'emprise du géosynclinal piémontais comblé par les calcschistes à ophiolites, mais représente sans doute une zone bordière où subsistait, entre sédiments et fond océanique, un socle sialique en grande partie granité.

RESUME DE L'EVOLUTION METAMORPHIQUE DES ROCHES DU MASSIF DORA MAIRA

Constituants originels	Métamorphisme hercynien	Métamorphisme alpin I	Métamorphisme alpin II	Ensembles
Série mésozoïque : calcschistes, etc, et laves basiques calcaires et dolomies quartzites et grès		Amphibolites, Schistes lustrés, marbres, quartzites à phengite, glaucophane stilpnomélane, graphite, talc, trémolite	<i>Idem</i> + chloritisation (albite)	Ensemble des calcschistes
Série néopermienne : grès, argilites microconglomérats		Quartzites et micaschistes à phengite, stilpnomélane chloritoïde (glaucophane)	<i>Idem</i> + biotite verte et acajou, clinochlore (albite) destruction partielle de I	Ensemble de Sampeyre
Série permienne : volcano-détritique acide argilites et grès		Micaschistes et gneiss à phengite, épidote grenat (stilpnomélane, glaucophane) Porphyroïdes	<i>Idem</i> + biotite brune et verte grenat, chlorites, épidote amphibole bleue, albite destruction partielle de I	Ensemble de Dronero
Série carbonifère : grès, conglomérats argilites carbonneuses (greywackes)		Micaschistes et gneiss à phengite, chloritoïde grenat, graphite (glaucophane)	<i>Idem</i> + biotite brune, clinochlore grenat, amphibole bleue, albite destruction partielle de I	Ensemble graphitique de Pinerolo
Série dévono carbonifère (?) (ou plus ancienne) : grès, pélites, greywackes laves basiques	Gneiss et micaschistes à biotite et grenat Granitisation	Gneiss et micaschistes à phengite, chloritoïde grenat, épidote (glaucophane, jadéite) Orthogneiss Destruction presque totale des paragenèses antérieures	<i>Idem</i> + biotite brune, grenat clinochlore, amphibole bleue destruction partielle de I	Ensemble des gneiss glanduleux.

Quant à son architecture et sa tectogenèse, le massif Dora-Maira a été le plus souvent décrit, à l'encontre des idées autochtonistes de S. FRANCHI, selon les théories nappistes cylindristes d'E. ARGAND. La notion d'une réapparition de la nappe du Grand-Saint-Bernard sous celle du Mont Rose a été récemment rajeunie par A. MICHARD. A la

suite de F. ELLENBERGER, cet auteur substitue, aux grands plis souples à têtes plongeantes, une lame de socle relativement rigide, née par écaillage profond. La « Nappe de la Varaita » vient ainsi chevaucher d'Est en Ouest le « Complexe du Bas Chisone » qui peut être enraciné et à sa place originelle. Les unités marginales occidentales sont

conçues dans ce schéma comme des traces accessoires « liées à la phase de charriage de la nappe » ou reflet de rétroécaillements ultimes.

Ces théories, en définitive fort voisines, ne permettent d'expliquer les plis perpendiculaires à l'allongement de la chaîne qu'au prix d'une phase de serrage postérieure au charriage. Cependant seules les déformations transversales sont évidentes dans toutes les Alpes cottiennes où elles sont liées au métamorphisme et conditionnent l'apparition et la disposition de la foliation. Tous les ensembles sont impliqués par ces phénomènes et les plis intrafoliaux sont contemporains des chevauchements majeurs dont les plans, loin d'être replissés, restent toujours parallèles à la foliation régionale. La seule altération de l'attitude de celle-ci et de ceux-là est le bombement ultime, plus ou moins lié à un déplacement d'axe méridien, mais de sens Ouest-Est.

Les difficultés des théories en présence conduisent à rechercher une hypothèse nouvelle pour expliquer l'évolution géologique du massif Dora-Maira. Elle peut se résumer comme suit :

A la fin de la subsidence géosynclinale, et sans doute durant l'élaboration des Flyschs (Crétacé ?), se manifestent les premiers mouvements à rapporter à l'orogénèse alpine. Dans les masses accumulées, ces mouvements se traduisent par des déformations importantes, surtout en profondeur. C'est que là, les anciennes failles du socle, joints de faiblesse qui avaient déjà guidé la sédimentation, rejouent. Des échardes du socle s'insinuent dans les sédiments sus-jacents, les écrasent et les replissent sur eux-mêmes. Un plissement isoclinal de plus en plus aplati en résulte et il se calque ainsi plus ou moins sur les formes anciennes qui imposent l'orientation des déformations de leur couverture. En même temps, sous l'effet du faible gradient géothermique de cette aire géosynclinale, de la charge des sédiments accumulés et des contraintes développées par suite de déformations, apparaissent les minéraux d'un métamorphisme de hautes pressions et basses températures : phengite, glaucophane, stilpnomélane, chloritoïde, graphite, grenat (?), albite (?). Tous sont guidés dans leur croissance par les structures progressivement plus accusées et ils scellent ainsi la disposition transversale des axes de cette phase de plissement.

Avec une gradation régulière et sans doute un léger retard, ces transformations sont transmises à

la masse géosynclinale tout entière. Cependant, si dans la base du bâti des recrystallisations importantes accompagnent les déformations, vers le haut, seules ces dernières subsistent. Dans les niveaux ultimes (Flysch ?) elles ne doivent même plus se traduire que par les plissements locaux ou par la rythmicité de la sédimentation. Peut-être même sont-elles une des causes de l'arrêt du dépôt de ces flyschs ?

Peu après, débute un basculement de toutes ces masses vers l'Ouest. Son mécanisme est vraisemblablement commandé par la forme et les mouvements des grands blocs de socle. Au sommet du glaciaire, le Flysch, d'abord, glisse vers l'Ouest. Il arrive sur les territoires externes au Priabonien, pour y arrêter la sédimentation des flyschs locaux et celle des grès d'Annot. Les masses des Schistes lustrés suivent, avec peu de retard. Elles déferlent sur les marges internes du Briançonnais, créant en Vanoise un métamorphisme d'âge oligocène dans le substratum du « géosynclinal de nappes ».

Le domaine Dora-Maira, surtout dans ses zones les plus soulevées par le basculement, c'est-à-dire ses parties orientales, sont ainsi déchargées. Soumises à de moins grandes pressions (les isogéothermes ayant, dès l'origine, dans ces régions été resserrées par « effet de socle »), les masses les plus profondes subissent un réchauffement relatif. Apparaissent alors les minéraux ultimes du métamorphisme alpin : biotite, chlorite, albite, qui ne sont plus orientés.

Très vite se produisent alors plusieurs événements presque contemporains : l'arrêt de la progression des nappes, les rétrocharriages vrais, l'achèvement du métamorphisme de hautes pressions sur les bordures occidentales du massif Dora-Maira. Tout cela se produit à l'Oligocène, alors que s'ébauche aussi le bombement du massif Dora-Maira. Cela entraîne la fin du métamorphisme de hautes pressions (dirigé alors par des structures méridiennes), son relais éphémère par une montée thermique modérée, très tôt suivie par la cessation complète de toute recrystallisation.

Au Néogène, les surrections se généralisent. Avec des déformations cassantes, le bombement du massif Dora-Maira s'accuse, les structures antérieures se redressent et le bassin padan s'effondre. Le massif prend sa forme actuelle en vaste ellipse allongée suivant la direction de la chaîne.

### Commentaires.

L'ouvrage analysé ici appelle quelques commentaires, d'abord parce que sa parution est à peu près contemporaine d'un certain nombre de travaux qui ont traité à des sujets de même ordre (et dont on n'a pu évidemment tenir compte), ensuite en raison d'une certaine hétérodoxie des hypothèses qu'il soutient.

On insistera plus particulièrement ici sur les questions du métamorphisme d'âge alpin et de ses phases successives, sur les processus pétrogénétiques et tectogénétiques invoqués, et sur l'importance accordée au canevas hercynien dans la disposition des Alpes occidentales.

L'étude de A. MICHARD (juin 1966) sur les Alpes cottiennes méridionales complète et recoupe dans une certaine mesure mon propre travail. A. MICHARD s'est plus particulièrement intéressé au domaine mésozoïque, Trias et Schistes lustrés, compris entre le massif Dora-Maira et la vallée de Demonte. Ses études paléontologiques de ces abords du massif cristallin sont précieuses et représentent la première et seule mise au point stratigraphique de cette masse de calcschistes compliquée où, jusqu'à lui, peu de repères étaient connus. Mes problèmes ne se rattachant que par accident à ces questions, il ne m'appartient pas d'en discuter. Mais, pour aborder l'analyse du métamorphisme et de la tectonique de sa région d'étude, il a été amené à s'intéresser au socle. Dans une grande mesure, surtout en ce qui concerne la pétrogenèse des métamorphites, les résultats acquis sont fort voisins de ceux que j'ai moi-même présentés<sup>4</sup>. Cependant, de profondes oppositions nous séparent quant à l'architecture des Alpes cottiennes et aux processus qui l'ont façonnée. Resté fidèle à son hypothèse des cisaillements profonds, A. MICHARD conçoit en effet le massif Dora-Maira et ses abords méridionaux comme le résultat de grands charriages venus de l'Est ou du Nord-Est, et ne donne pas, à mon sens, suffisamment d'importance aux plissements transversaux.

Cela est dû au fait que dans la partie méridionale du massif étudiée par mon collègue, la chaîne alpine a déjà une direction « ligure », c'est-à-dire

à peu près NW SE. Selon mes conclusions, cette orientation se trouve coïncider avec celle des plissements précoces calqués sur un canevas hercynien qui canalise ici parfaitement les déformations alpines. Il est bien difficile, sinon impossible, de distinguer dans ce cas les deux épisodes, transversal puis méridien, dont la dualité se révèle plus au Nord. En tout cas, dans mon hypothèse, il faudrait penser que l'essentiel des structures chevauchantes des Alpes cottiennes est dû à la phase transversale et que les mouvements alpins ultérieurs (rétrocharriages en particulier) se sont superposés là presque exactement à la phase initiale. Si l'on accepte ces modalités, les divergences qui subsistent entre nous, et qui concernent la période du métamorphisme, deviennent minces. A. MICHARD soutient en effet que les recristallisations sont liées à l'arrivée des nappes, d'abord, puis aux rétrocharriages. En réfutant les nappes, ou, autrement dit, en assimilant leurs formes aux plis et chevauchements transversaux, un accord entre nos thèses peut être trouvé. Les diverses unités décrites par A. MICHARD seraient alors une intrication de matériaux locaux, socle compris, et de la couverture décollée du massif Dora-Maira. La réelle complexité de cet édifice serait ainsi le résultat d'une superposition pratiquement homaxiale dans cette zone, des déformations précoces, des glissements des Schistes lustrés subséquents et même des rétrocharriages ; ces épisodes étant plus ou moins contemporains de phases de métamorphisme (voir note p. 258).

Il reste à discuter la question de l'âge de ces phénomènes, pour A. MICHARD uniquement oligocènes, pour moi pouvant débiter dès le Crétacé. En fait, dans chacune de ces théories, obligation nous est faite de prendre des références dans l'avant-pays occidental. Il est indubitable que d'importants mouvements se sont produits dans les Alpes au Crétacé. Il ne fait pas de doute non plus qu'au Tertiaire des nappes sont arrivées sur les zones plus externes et y ont provoqué un métamorphisme. En définitive, tout réside dans la question de savoir s'il existe ou non un mouvement de nappes d'Est en Ouest avant l'épisode de serrage transversal ou, en d'autres termes, de savoir si les Schistes lustrés étaient ou non métamorphisés avant leur charriage. L'étude du métamorphisme syncinématique du massif Dora-Maira permet d'en visager que l'éventualité d'un grand chevauchement

<sup>4</sup> Il faut dire que nos problèmes communs nous ont conduits à une amicale et fructueuse collaboration dont je fus souvent le grand bénéficiaire.

d'Est en Ouest antérieur à l'épisode transversal, donc à la phase paroxysmale de recristallisation, est peu probable. Il est donc nécessaire de dater le plissement isoclinal couché transversal. Nous n'accorderons pas un crédit exagéré à l'unique mesure d'âge absolu sur des phengites situées dans le plan axial de ces plis et qui ont fourni une valeur de 99 MA. Cet âge crétacé (que la mesure géochronologique semble vérifier) a surtout été émis en se fondant sur le fait que si l'on connaît d'intenses déformations obliques sur la direction de la chaîne franco-italienne, à la fin du Secondaire<sup>5</sup>, aucune de cette importance et de cette orientation n'est connue dans le Tertiaire. Mais cette déduction est encore fragile malgré d'autres arguments indirects, et il est nécessaire de dire que l'examen d'autres régions en fonction de cette hypothèse est encore à faire. Il serait crucial, en particulier, de rechercher des traces éventuelles du replissement isoclinal des grands contacts anormaux, fait encore jamais signalé malgré les quelques indications assez peu significatives qu'en donne A. NICOLAS (comm. orale). En outre, en partant de l'idée d'une possibilité de deux métamorphismes isozonaux mais métachrones, il serait peut-être fructueux d'étudier les caractéristiques structurales et pétrologiques des recristallisations des matériaux de la nappe des Schistes lustrés par rapport à celles de leur substratum Briançonnais.

En ce qui concerne ces problèmes du métamorphisme, il existe aussi des divergences semblables entre mes hypothèses et celles que soutient A. NICOLAS dans son ouvrage sur le complexe ophiolites-schistes lustrés entre Dora-Maira et Grand Paradis (octobre 1966). A. NICOLAS, traitant plus spécialement de l'évolution minéralogique et pétrochimique des roches de l'ensellement de Susa, au Nord du territoire que j'ai étudié, est amené à présenter un schéma des transformations métamorphiques qui est proche des conceptions de A. MICHARD. Il imagine que dans les masses géosynclinales soumises au moins en partie à un charriage en direction de l'Ouest, un premier stade de recristallisations dans des conditions glaucophanitiques et éclogitiques apparaît. Ce n'est qu'après

---

<sup>5</sup> Les mouvements crétacés reconnus dans les Alpes occidentales ne provoquent jamais, à dire vrai, de vastes chevauchements ou des plis couchés, mais il faut souligner qu'ils ont été mis en évidence dans des superstructures d'architecture relativement simple.

ce mouvement de nappe qu'intervient le second stade, lié à des plissements Est-Ouest ; il développe des paragenèses du faciès Schistes verts dans des conditions de pression moindre et sur un matériel relativement plastique. Cette pulsation se poursuit et s'achève au cours des déformations tardives selon un processus analogue à celui que j'ai invoqué.

Une telle succession d'événements ne contredit qu'en partie à celle que je défends. Dans le secteur étudié par A. NICOLAS, comme dans le massif Dora-Maira, le stade initial de métamorphisme se déroule dans des conditions de hautes pressions et basses températures. Les différences entre les deux interprétations surviennent seulement lors qu'on envisage la dynamique de ce métamorphisme syntectonique. En Dora-Maira, j'imagine que les recristallisations de type glaucophanitiques précedent de peu à l'épisode transversal, pendant lequel elles tendent très vite à être orientées (alors qu'auparavant aucune régularité n'était observée) et à évoluer vers un régime de moindres pressions. A. NICOLAS, qui a pu noter des orientations minérales longitudinales anciennes, relie la phase initiale à un charriage vers l'Ouest, et par conséquent la considère d'âge tertiaire. J'ai discuté plus haut cette possibilité, qui me semble, dans l'état actuel de nos connaissances, encore peu claire et mal démontrée.

Quant à l'intervention, invoquée par A. NICOLAS, des vastes déplacements du Sud vers le Nord (hypothèse de J. GOGUEL) pour expliquer l'apparition des plissements transversaux, elle ne semble pas tenir compte des déversements antagonistes du massif Dora Maira ni d'une éventuelle influence des structures hercyniennes que devait conserver le socle.

Quelles que soient les réflexions que suggèrent ces problèmes des plissements et de leur succession, il semble intéressant de remarquer que dans les Alpes cottiennes, nous nous accordons au moins sur l'évolution des phases de métamorphisme syntectonique d'âge alpin. Les études récentes de M. GAY (1966) dans le massif d'Ambin apportent d'ailleurs leur contribution à ce schéma dont la généralité paraît s'affirmer dans nos régions : phase initiale sous des pressions élevées et des températures relativement basses, phase tardive plus « chaude » et de moindres pressions, plus caractéristique du faciès Schistes verts. Les contradic-

tions qui existent quant à l'âge de ces phénomènes et leur liaison avec un épisode de déformation déterminé montrent bien que des études complémentaires sont encore nécessaires.

Dans un autre domaine, la lithologie primitive des ensembles intermédiaires (ensembles graphitique, de Dronero et de Sampeyre) suggère aussi quelques réflexions. Avec A. MICHARD nous nous sommes accordés (1966) pour voir dans ces formations des sédiments et des matériaux volcaniques acides nés d'éruptions subséquentes à l'orogénèse hercynienne, et étagés depuis le Carbonifère jusqu'au Permo-Trias. A. NICOLAS indique qu'il ne saurait dissocier une couverture paléozoïque ainsi définie pour le massif Dora Maira, des roches à faciès analogues des bordures du Grand Paradis. D'ailleurs les travaux de J.-M.-L. BERTRAND (1966) vont dans le même sens et posent ainsi en termes nouveaux les problèmes de la bordure de cette grande coupole de gneiss.

Toutes ces observations convergent et tendent ainsi à faire admettre la grande importance des matériaux volcano-détritiques acides dans le Paléozoïque terminal de nos régions, comme en bien d'autres lieux en Europe occidentale. Cela était depuis longtemps pressenti par A. AMSTUTZ qui, dans une note récente (juin 1966), résume fort bien l'accord qui semble maintenant se faire à ce sujet. Envisageant le problème dans l'ensemble des Alpes occidentales, A. AMSTUTZ passe en revue les divers arguments favorables à sa thèse et il est amené à formuler l'idée de l'incompatibilité du phénomène volcanique acide avec des conditions permettant un métamorphisme ou une migmatisation. De telles conditions ont cependant été invoquées pour l'époque permienne. En Vanoise, par exemple, F. ELLENBERGER mentionne en effet, à côté des « migmatites permienes du Sapey » (qui pour d'autres, et en particulier pour A. AMSTUTZ, sont un matériel granitique effusif), l'existence de recristallisations métamorphiques antérieures à la phase paroxysmale alpine de l'Oligocène (donc avant les charriages). Si l'on suit l'hypothèse d'A. AMSTUTZ, qui paraît séduisante et logique lorsque l'on connaît les caractères du Permien de nos régions, et si l'on rapproche ces faits des problèmes exposés plus haut, on est en droit de se poser quelques questions : Ces indices d'un métamorphisme précédant les grands chevauchements ne représenteraient-ils pas ici la phase crétacée que

m'a suggérée l'étude des roches du massif Dora-Maira ?

Enfin il est un dernier point que m'invite à souligner cette revue de la littérature récente : il concerne la disposition que j'invoque pour l'arc alpin par rapport aux grandes failles de socle.

Différents arguments, sédimentologiques, métamorphiques, structuraux, sismiques, m'ont conduit à émettre l'hypothèse que les formes des premiers bassins de subsidence comme celles de la grande fosse alpine étaient un héritage de l'organisation des dépressions sur le socle hercynien érodé. Ces fosses se seraient disposées le long des grands accidents anciens suivant un réseau sans doute discontinu approximativement orienté NW-SE et SW-NE, c'est-à-dire comme les fractures principales des plates-formes hercyniennes avoisinant les Alpes et que jalonnent des bassins houillers (Massif Central français). Localement, l'une des deux directions pourrait prévaloir sur l'autre, ou bien les deux pourraient se combiner et délimiter en convergeant des coins de socle, le long desquels se guideraient les dépôts puis les déformations ultérieures. Le massif Dora-Maira avec ses structures transversales et sa situation au creux de l'arc alpin fournirait l'exemple type d'un tel coin. L'arc alpin occidental lui-même pourrait dès lors se concevoir comme le dessin superficiellement émoussé de ces accidents anciens et profonds.

Un argument supplémentaire en faveur d'une telle origine, disposition et évolution des bassins de subsidence alpins, m'est fourni par les réflexions originales de R. BARBIER et J. DEBELMAS (1966) sur la zone subbriançonnaise au Nord du Pelvoux. Ces auteurs envisagent en effet un prolongement vers le Dauphiné du « domaine valaisan ». Cette fosse géosynclinale, qui s'évanouit progressivement vers le SW, épouse le tracé hypothétique des sutures profondes du socle, invoquées plus haut. Elle pourrait donc en traduire le tracé qui est d'ailleurs suggéré par un alignement d'épicentres de séismes. Vers le SE ce domaine est relayé, plus qu'il ne se poursuit, par une zone paléogéographique à caractères voisins mais néanmoins différents. Cette disposition permet d'imaginer l'existence, au niveau du Pelvoux, d'un hiatus qui détermine un brusque changement de direction et pourrait bien représenter l'extrémité occidentale d'un vaste coin, squelette profond et anguleux de l'arc alpin superficiellement plus souple.

Lorsqu'on aura rappelé les intenses mouvements embryonnaires (phase arvinche) dont ce géosynclinal externe a été le siège, on comprendra tout

l'intérêt que peut porter à ces problèmes celui qui tente de replacer les roches du géosynclinal piémontais dans leur contexte alpin.

#### BIBLIOGRAPHIE

- AMSTUTZ (A.) (1966). — Caractères essentiels du Permo Carbonifère alpin (C.R. Ac. Sc. Paris, t. 262, série D, p. 2439-2442).
- BARBIER (R.) et DEBELMAS (J.) (1966). — Réflexions et vues nouvelles sur la zone subbriançonnaise au N du Pelvoux (Alpes occidentales) (*Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 42, p. 97-107).
- BERTRAND (J.-M.L.) (1966). — Etude géologique de la partie française du Massif du Grand Paradis (Dipl. Et. Sup., Paris, dactyl.).
- GAY (M.) (1966). — Brèches et pillow-lavas métamorphiques dans les Schistes lustrés du haut Val de Susa (C.R. somm. Soc. Géol. Fr. ; t 8 ; p. 285-286).
- MICHARD (A.) (1966). — Etudes géologiques dans les zones internes des Alpes cottiennes méridionales (Thèse, Paris, juin 1966, ronéot.).
- NICOLAS (A.) (1966). — Le complexe Ophiolites Schistes lustrés entre Dora-Maira et Grand Paradis (Alpes piémontaises) (Thèse, Grenoble, octobre 1966, multic.).
- PORADA (H.) (1966). — Tektonik und Metamorphose der penninischen Zone zwischen Dora Maira und Mercantour Massiv (italienische Westalpen) (*N Jb Geol. Paläont. Abb.*, 124, 2, p. 118-150).

#### Note ajoutée en cours d'impression :

Pour A. MICHARD, la succession des événements est la suivante : 1, charriage ; 2, serrages transversaux et paroxysme métamorphique ; 3, rétrocharriages. Dans mon hypothèse, la phase 2 précède 1, qui est, elle, immédiatement suivie par 3.

Très récemment (juillet 1967) une tournée avec A. MICHARD nous a permis d'étudier un pli déversé vers le SW dans des matériaux du Lias moyen du vallon de Marmora (haut Val Maira). Il s'agit d'un plissement qui affecte la foliation régionale. Celle-ci est soulignée par de nombreux petits replis intrafoliaux très aplatis, homoaxiaux, mais évidemment antérieurs, à la grande structure. Cette dernière, décamétrique, est uniquement assortie d'une légère schistosité guidant des recristallisations médiocres et d'une disjonction en pseudo boudins des bancs résistants. On doit donc voir là l'exemple d'un déversement peu souple vers le SW succédant à une déformation en plis isoclinaux aplatis, liée au métamorphisme.

Dans nos trois phases de déformations, quelle est la place de ce pli déversé ? Il est peu vraisemblable d'y voir une forme liée au rétrocharriage (phase 3). Il pourrait s'agir d'une structure de serrage (phase 2 de A.M.). En ce cas, les plis intrafoliaux antérieurs devraient se rapporter à l'épisode de charriage (phase 1 de A.M.), ce qui, selon les idées reçues, serait le premier exemple de traces fines et symmétamorphiques liées aux nappes (idée toujours réfutée jusqu'alors : travaux de F. ELLENBERGER). En une dernière hypothèse, on peut penser que le pli déversé appartient à la phase de charriage. On aurait alors ici une illustration parfaite de ma thèse, puisque le grand pli est précédé par le métamorphisme et les replis intrafoliaux aplatis congénères.

Dans ces hypothèses mon choix personnel est fait, mais le débat est ouvert. Il reste que pour mieux comprendre ces phénomènes, on devrait entreprendre une étude détaillée des zones où les différentes formes acquises ne seraient plus homoaxiales.

Laboratoire de Géologie,  
Minéralogie, Pétrographie  
de la Faculté des Sciences de Grenoble  
(Institut Dolomieu).  
(Laboratoire de Géologie alpine associé au C.N.R.S.)

*Manuscrit déposé le 30 mars 1967.*