

NOUVELLE CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU MASSIF DE LA GRANDE-CHARTREUSE ET DE SES RELATIONS AVEC LES RÉGIONS AVOISINANTES

par Maurice GIDON

Le massif de la Grande-Chartreuse est l'un des mieux et des plus anciennement étudiés des Alpes. Néanmoins les recherches que j'y poursuis (surtout dans sa partie septentrionale), depuis plusieurs années¹, m'ont apporté de nombreuses observations inédites me permettant d'étayer une conception structurale assez nouvelle.

1. Grandes lignes naturelles du Massif (fig. 1).

Les subdivisions naturelles les plus évidentes sont introduites par un système de 3 anticlinaux majeurs que je propose de désigner comme suit :

a) *Anticlinal occidental*, englobant les crêtes qui dominent Saint-Laurent-du-Pont et toutes celles situées à l'Ouest du col de la Charmette.

b) *Anticlinal médian*, couvrant les chaînons du Corbeley-Outheran, du Grand-Som - Aliénard et du Charmanson. Le couvent de la Grande-Chartreuse y est situé.

c) *Pli-faille orientale*, occupant tout le reste du massif, notamment la grande vallée axiale de Saint-Pierre-de-Chartreuse et de Saint-Pierre-d'Entremont et le chaînon Granier - Dent de Crolles.

¹ Dans le cadre de la rédaction de la 1^{re} édition de la Carte géologique Montmélian au 1/50 000^e.

Des subdivisions moins évidentes, mais également intéressantes, peuvent être apportées par la répartition des faciès aux différents étages ; on peut définir ainsi :

a) Un *domaine proprement jurassien*, qui ne pénètre pas dans le massif proprement dit, mais se limite aux chaînons marginaux du Mont Grelle et de la Montagne de Ratz.

b) Une *zone de transition avec le domaine dauphinois* que l'on peut caractériser par :

— la disparition des faciès récifaux jurassiques et du faciès purbeckien ;

— l'existence au Berriasien de passées organo-détritiques au sein des marno-calcaires ; elles se localisent suivant des cordons plus ou moins larges et orientés SW-NE. On peut citer, en partant du plus méridional :

- un cordon passant par le couvent et le col de la Saulce ;
- un cordon passant par Corbel et Epernay (Entremont-le-Vieux) ;
- un cordon traversant le plateau de Montagnole (« calcaire grossier de Montagnole » auct.).

Au Nord de Chambéry, d'autres passées, sans doute parallèles, ont été décrites par P. GIDON (1950) dans la chaîne Nivolet - Revard. Elles y ont été bien datées par des faunes d'ammonites ;

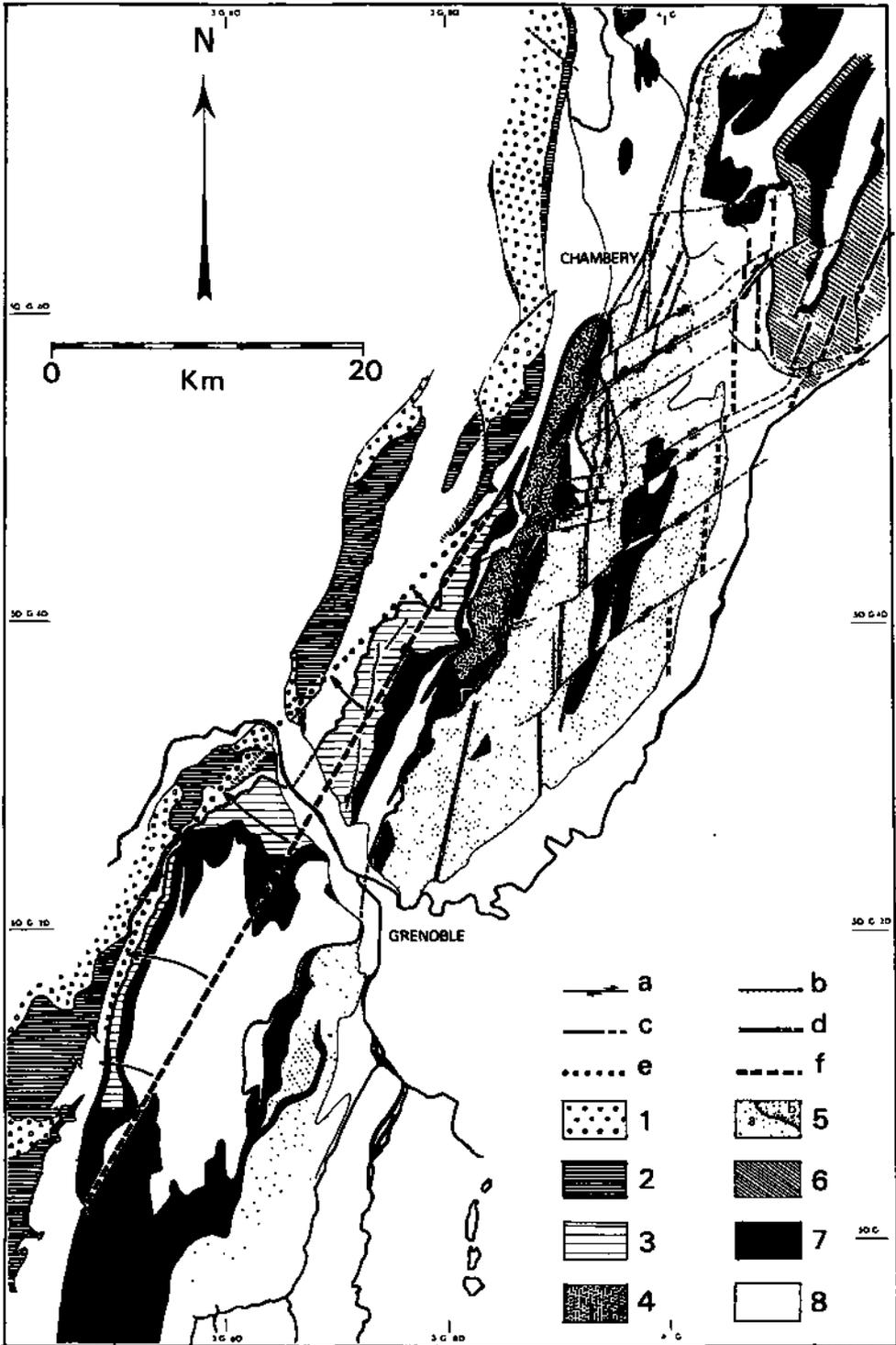
— l'existence au Valanginien (et sans doute, par places, au Berriasien également) de faciès très proches du « Marbre bâtard » jurassien. Ces faciès sont limités vers le Sud par une ligne qui passe au Sud de la Grande-Sure, dans l'anticlinal occidental, au couvent, dans l'anticlinal médian, et au Nord d'Entremont-le-Vieux, dans le pli-faille oriental².

² En ce dernier point, les vrais faciès « marbre bâtard » n'apparaissent, il est vrai, qu'en lentilles, dans une série de calcaires seulement grenus. Ailleurs le faciès est si typique qu'il a été confondu jusque dans des travaux récents avec le faciès urgonien, ce qui n'est pas sans avoir introduit des erreurs d'interprétation tectonique : ainsi, sur la feuille Grenoble au 1/80 000^e (4^e édition), à la crête de Thivelet et au village du Planey (près de Corbel), dans le Bois de Saint-Christophe (à l'E d'Entre-Deux-Guiers).

Fig. 1. — Carte structurale du Massif de la Chartreuse et de ses abords.

a, Failles à rejet horizontal (décrochement dans le sens de la flèche); b, Failles à rejet vertical (barbes du côté abaissé); c, Failles de chevauchement; d, Axes des plis du Jurassique (Pli-faille orientale et Bauges seulement); e, Urganien subvertical enlevé par l'érosion (A. occidental); f, Urganien subvertical masqué par chevauchement (A. occidental).

1, Noyau (anté urgonien) des anticlinaux prolongeant le Jura; 2, Urganien de ces anticlinaux; 3, Terrains anté-urgoniens de l'anticlinal occidental; 4, Terrains anté-urgoniens de l'anticlinal médian; 5 a, Terrains anté-urgoniens du pli-faille oriental; 5 b, Terrains anté-urgoniens de l'écaille du Mont Joigny; 6, Terrains anté-urgoniens du pli-faille du Margérian; 7, Urganien des plis subalpins (sans distinction); 8, Terrains post-urgoniens des plis subalpins (sans distinction).



L'apparition de ce faciès a été également signalée par P. GIDON (1950) dans la chaîne Nivolet - Revard.

c) Un *domaine dauphinois typique*, présentant, notamment, un fort développement du faciès dit des « marnes valanginiennes », et qui couvre la majeure partie du pli-faille, ainsi que les parties les plus méridionales des autres plis.

Il est donc très remarquable, bien que cela ait été masqué aux observateurs par les effets de la tectonique, que *les lignes isopiques sont ici obliques par rapport aux lignes tectoniques. Leur direction est au contraire grossièrement parallèle à celle de la fosse vocontienne.*

2. Style des plis.

Le plissement de la Chartreuse peut être qualifié, dans son ensemble, de fortement déjectif : les synclinaux y apparaissent (au contraire de ce qui se passe en Vercors apparemment) comme des lanières résiduelles, pincées entre de grosses masses anticlinales ; toutefois, dans le pli-faille oriental, il tend à se développer un style éjectif³ totalement différent (voir la figure n° 2). Outre cette variation d'ensemble, on peut noter d'intéressantes caractéristiques de détail qui ont pu être mises bien souvent en évidence grâce à la possibilité récente d'effectuer le levé sur un fond cartographique très exact.

a) *Anticlinal occidental.*

Dès son apparition dans la vallée de Couz, cet accident se caractérise comme un très beau pli en genou : son flanc oriental est peu incliné (20° environ) et son flanc occidental très proche de la verticale. Ce dernier, toutefois, se modifie assez vite : en effet il s'accidente, au passage de la vallée du Guiers Vif, d'une faille, inclinée à 40° (environ) vers l'Est, qui le tranche, quelque 100 m en contrebas de la charnière urgonienne. Cette faille se prolonge jusqu'à la vallée de l'Isère (« Faille de Voreppe ») et amène, par son rejet très tangentiel, les couches du flanc oriental à reposer sur la tranche de celles du flanc occidental. Mes observations m'amènent à affirmer que, contrairement à ce qui a toujours été admis depuis W. KILIAN, *il ne s'agit en aucune manière ici d'un pli faille*. En effet on n'observe nulle part, même là où les choses se voient clairement, la moindre déformation des couches aux abords du plan de faille ni la moindre trace

³ Sans aucun rapport avec le style en plis couchés que J. NASH (1926) a voulu y voir et qui a été figuré, par la suite, dans la Géologie Dauphinoise de M. GIGNOUX et L. MORET (1952).

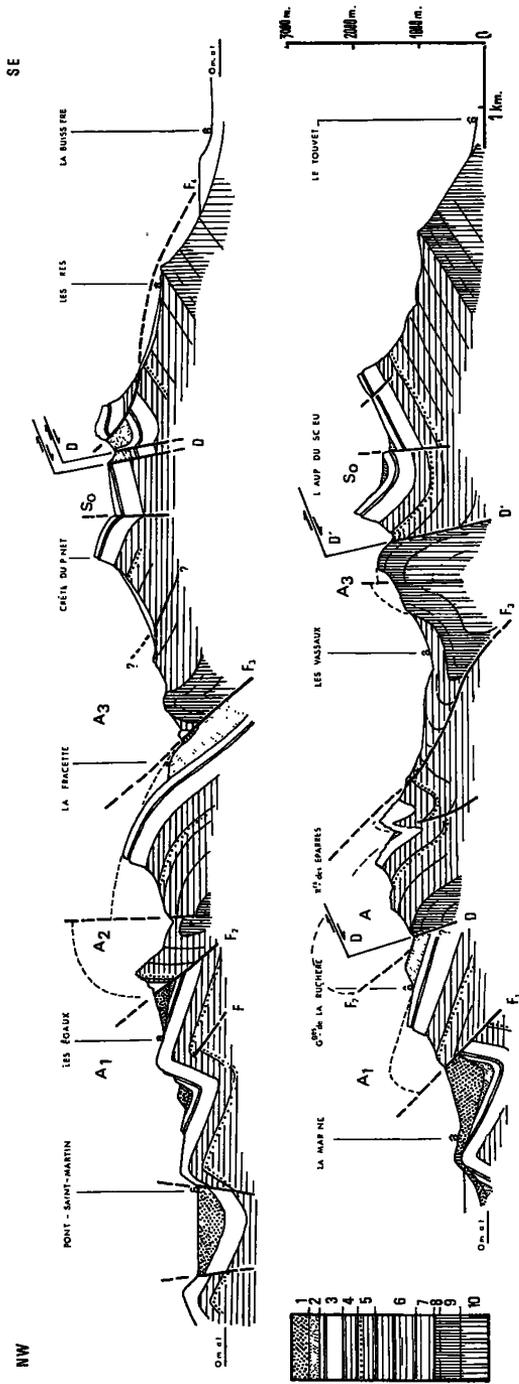


Fig. 2. — Deux coupes au travers de la Chartreuse septentrionale.

A_1 : Anticlinal occidental; A_2 : Anticlinal médian; A_3 : Anticlinal jurassique du pli-faïlle oriental; S_0 : Synclinal oriental.
 F_1 : Plan de refoulement de la faille de Voreppe; F_2 : Plan derefoulement Corbel-La Ruchère; F_3 : Plan de refoulement du Pli-faïlle oriental; F_4 : Plan de refoulement du Pli-faïlle du Margéziac.
 D : Failles de décrochement du col de l'Alpette et du Pré de La Morre; D' : Failles de décrochement du col de l'Alpe.
 1, Molasse; 2, Crétacé moyen et supérieur; 3, Urgonien; 4, Hauteriviens; 5, Valanginien supérieur; 6, Valanginien inférieur; 7, Berrisien; 8, Tithonien; 9, Kimméridgien (s. l.); 10, Oxfordien (s. l.).

de flanc inverse, laminé ou non. Au Sud du Guiers Vif, le Valanginien récifal vient très vite recouvrir la molasse, mais le flanc anticlinal qui la borde doit se poursuivre, « en tunnel », sous le chevauchement, car nous le voyons réapparaître à la faveur de la véritable « demi-fenêtre » ouverte par les gorges de Fourvoirie, en un point qui est exactement celui où on peut s'attendre à le retrouver, en se basant sur la direction de ses couches. A cet endroit on voit d'ailleurs fort bien la charnière en genou de la portion supérieure, « charriée », du pli et on peut évaluer son refoulement à 1 500 m environ. Du fait de cet accroissement progressif du refoulement, c'est ici le Kimméridgien inférieur (« Séquanien » auct.), pendant à l'Est, qui repose sur la tranche du Valanginien⁴, de l'Hauterivien et de l'Urgonien de la portion « autochtone » du pli⁵.

Cette amplification du rejet de la faille nous oblige à considérer que celui-ci correspond à un *pivotement de la masse refoulée* de plus de 10° dans le sens des aiguilles d'une montre.

La genèse de cette structure peut, de plus, être précisée ; en effet, ce chevauchement est certainement post-Miocène et ne se développe que là où la voûte du pli est totalement dégagée de sa gangue molassique ; d'autre part la molasse n'est entraînée dans le plissement que sur une marge très étroite, au voisinage de l'Urgonien ; enfin une profonde érosion anté-miocène, probablement anté-oligocène même, par analogie avec les faits observables dans le chaînon du Mont Grelle, a décapé le Sénonien et la masse supérieure urgonienne, partout au voisinage de la voûte du pli, mais de moins en moins en s'éloignant sur les flancs⁶.

On peut donc conclure que le *pli était fortement ébauché dès le début de l'Oligocène* et qu'il n'a été noyé que dans sa partie basse par la masse des dépôts molassiques ; *sous l'effet de poussées post-miocènes, la portion de sa voûte qui n'était pas « ancrée » dans ces dépôts a été refoulée vers l'Ouest par-dessus eux*. Outre la preuve de cette tectogénèse en deux temps, on possède donc des indices très sérieux pour considérer que la deuxième phase a été marquée par un *phénomène de morphotectonique*⁷.

La direction axiale de l'anticlinal est remarquablement peu variable : en la mesurant à partir de la direction des assises verticales du flanc Ouest on trouve une valeur N-32° E pour la portion « autochtone » et N-43° E pour la voûte « charriée ».

⁴ C'est à cet étage que je rapporte ici le « Portlandien récifal » indiqué par H. WE-GELE (1910) et, à sa suite, par toutes les éditions de la feuille Grenoble au 1/80 000°.

⁵ L'Hauterivien y est écrasé et le pendage varie de 45° à 70° W ; toutefois des clivages subhorizontaux introduisent, du bas vers le haut, un certain refoulement, vers l'ouest, de l'ensemble.

⁶ La molasse recouvre directement la masse inférieure urgonienne ou les couches à orbitolines au N des Egaux, là où s'ennoie la voûte du pli.

⁷ Ces diverses vues paraissent rejoindre celles exprimées pour le bord du bassin de Valence par C. GERMAIN et G. DEMAISON (1958).

b) *Anticlinal médian.*

C'est également un pli en genou, mais son flanc oriental est, en général, plus incliné et son flanc Ouest parfois légèrement renversé.

Il est également sectionné, à la base de son flanc Ouest, par une faille longitudinale, peu inclinée, qui le refoule sur le synclinal des Egaux. Ce refoulement n'est toutefois certain que pour la portion comprise entre Corbel et Malamille, car il n'est observable ni plus au Nord ni plus au Sud.

Comme le précédent, cet anticlinal était fortement ébauché avant l'Oligocène, car les dépôts continentaux de ce terrain recouvrent, d'Est en Ouest, sur son flanc oriental, une épaisseur de plus en plus réduite de craie sénonienne pour reposer, à l'ennoisement de sa voûte (Pont Saint-Charles et vallon de Lélia, près de Chambéry) sur un Urgonien érodé ; après quoi l'on retrouve le Sénonien dans le synclinal des Egaux, à son bord Ouest. Il n'est pas exclu également que sa brisure n'ait une origine morphotectonique, surtout si l'on considère que son développement observable correspond aux secteurs où la zone sur laquelle il est refoulé ne montre pratiquement pas de Molasse.

Sa direction axiale est également très rectilinéaire⁸ et possède une valeur N-18° E, sensiblement plus méridienne que celle de l'anticlinal occidental.

c) *Pli-faille orientale.*

Le refoulement d'un pli-faille sur le flanc Est de l'anticlinal médian est prouvé, tout au long du massif, par la présence de témoins d'un flanc inverse principalement urgonien. Mais on doit noter que ces témoins se rabotent rapidement vers leur base sans vraiment dépasser, en renversement, le pendage de 70° E en aucun point et sans jamais montrer de terrains plus récents que la « lumachelle de Gault⁹ ». La charnière frontale est le plus souvent entièrement sectionnée par la base et on ne l'observe vraiment que dans le Néocomien de Saint-Pierre-d'Entremont et dans le Malm des gorges du Cozon, au Nord de ce village. Encore ne montre-t-elle qu'une retombée faiblement renversée et rapidement sectionnée en profondeur, sans involution d'un vrai flanc inverse. Je considère comme très vraisemblable qu'il y a là, *non le résultat de l'étirement d'un flanc inverse de pli couché, mais un simple froncement des assises le long de la surface de refoulement d'une faille chevauchante.*

L'allure des assises, à l'intérieur de cette masse refoulée, semble ne s'accorder qu'avec cette manière de voir.

⁸ En dépit d'accidents transversaux causant des translations de l'axe du pli.

⁹ Que je n'ai observé qu'au Nord du village des Courriers.

1° Le Jurassique y dessine un anticlinal sensiblement droit, mais se comprimant latéralement du Nord vers le Sud. Son flanc oriental tend à posséder un pendage plus accentué que celui du flanc occidental : ce fait, connu de longue date dans le massif de Curienne (au Sud des Bauges)¹⁰, n'avait jamais été signalé malgré son évidence parfaite, notamment à la Scia et au Colleret, près des Lances de Malissard. Je l'interpréterai en faisant remarquer que, lors du refoulement vers l'Ouest, l'existence, acquise dès avant le Miocène, de l'anticlinal médian, obligeait les terrains charriés à subir un relèvement dans cette direction. Si les efforts générateurs du mouvement étaient, comme probable, sensiblement horizontaux, il a dû en résulter sur chaque banc l'application d'un couple de rotation provoquant la formation d'un pli déversé vers l'Est¹¹.

Cet anticlinal du Jurassique possède une direction axiale sensiblement N-S qui se conserve jusqu'aux abords du col de Porte vers le Sud et jusqu'à ceux de Montagnole vers le Nord, en dépit de cassures transversales génératrices d'une translation d'axe (qui seront étudiées plus loin).

2° L'Urgonien dessine, en bordure de la trace du plan de chevauchement, un mouvement synclinal, souvent déjeté vers l'Ouest, qui est très continu mais ne s'observe que rarement dans l'Urgonien lui-même (Grand-Som, Pinéa, Néron), par suite des actions de l'érosion, mais presque partout dans la partie supérieure du Valanginien. Le dessin de coupes transversales montre que cet accident ne doit pratiquement pas affecter le Jurassique mais qu'il représente, sans doute, l'effet d'une sorte de « bavure » des assises plus récentes au flanc Ouest de l'anticlinal des terrains de cet âge.

A l'Est du pli jurassique, l'Urgonien dessine un large synclinal que l'on peut dénommer « synclinal chartreux oriental ». Il est indubitable que la direction axiale de ce pli, N-20°E, est très différente de celle du pli auquel il fait suite. De plus il est cassé, sensiblement suivant son axe par une faille verticale qui soulève, d'un mouvement qui s'amplifie du Nord au Sud, son flanc Ouest. Ce dernier est, dans le même temps, gauchi de façon à ce que son pendage s'accroisse également dans la même direction. Ces faits sont en liaison très apparente avec la convergence des axes qui

¹⁰ Où il avait d'ailleurs été démesurément surestimé jusqu'à une date récente (P. GIDON, 1950; B. DUMOUX, 1963; M. GIDON, 1964).

¹¹ En effet, le déversement d'un pli, d'une façon générale, ne peut en aucune manière être expliqué, comme on le voit trop souvent, par l'évocation du « sens de la poussée ». Il n'est sans doute pas besoin de rappeler qu'une poussée à elle seule ne peut causer la formation d'un pli, mais qu'il doit s'ajouter, à cette force agissante, une force résistante (masse à déplacer, etc...), de valeur égale et de sens opposé, qui, combinée avec elle, détermine une striction tectogénétique. Ceci est vrai bien entendu pour une cause tectogénétique initiale gravitationnelle comme pour tout autre. Ce n'est en tout cas que lorsque les directions de ces deux forces sont parallèles et non confondues qu'il y aura couple et donc déversement dans un sens privilégié.

fait que l'anticlinal jurassique se serre, du Nord vers le Sud, contre le synclinal urgonien : le premier se comprime et s'élève axialement ; le second en fait autant à sa manière, mais sur son bord Ouest seulement.

Enfin j'ai découvert, dans les crêtes dominant, au Sud, le col de l'Alpe, une véritable écaille urgonienne chevauchante, dotée d'une charnière frontale en genou, qui pourrait passer pour un accident local négligeable s'il n'était absolument seul de son genre sur tout le rebord subalpin et si, comme nous le verrons plus loin, il ne risquait pas d'être un témoin précieux des accidents plus orientaux, devenus inobservables du fait du creusement du Grésivaudan.

3° Entre la dalle calcaire de l'Urgonien et celle du Jurassique supérieur, les assises néocomiennes ne décrivent apparemment que de molles ondulations. J'ai pu y déceler toutefois en plusieurs points la trace de chevauchements s'effectuant suivant des surfaces listriques peu obliques par rapport aux bancs¹². On peut rapprocher ces observations de celles faites non loin de là, au Mont de Joigny, par P. GIDON (1951). Sur ces bases on aboutit à délimiter une véritable écaille néocomienne (plus ou moins intercutanée) : outre le Mont de Joigny, il faut y englober le socle du Mont Granier¹³ et, pour des raisons de continuité structurale et stratigraphique, les crêtes du chaînon Mont Pellaz - Montfred¹⁴.

Il est clair, en tout cas, que le « pli-faille oriental » montre une *dysharmonie de plissement très accusée* entre les niveaux urgonien et jurassique : on peut penser que le décollement de l'« Ecaille du Joigny » a joué un rôle non négligeable dans la genèse de ce comportement dysharmonique.

Quant à l'âge du refoulement du pli-faille oriental, il est daté par l'existence, sous son plan de chevauchement, de la molasse, signalée de longue date par J. REVIL mais formant des affleurements si minuscules que je n'avais pu les retrouver jusqu'à une date toute récente¹⁵. Il est donc, comme les autres refoulements décrits plus haut, plus récent que le Miocène.

¹² Aux Brancaz, près d'Entremont-le-Vieux, notamment.

¹³ Jusqu'à une limite Sud encore mal précisée par suite de la difficulté des observations.

¹⁴ Alors que P. GIDON laissait ce chaînon en dessous du plan de chevauchement. Des observations nouvelles sont d'ailleurs nécessaires pour aboutir à une compréhension exacte de ce secteur. Quoi qu'il en soit, le fait demeure que le Berriasien y subit d'importantes modifications de faciès et un grand épaissement (M. GIDON, 1954).

¹⁵ Trois pointements existent au Nord de Saint-Pierre-d'Entremont, l'un au hameau du Cret, près de la Fracette, les deux autres au débouché du vallon des Courriers. L'affleurement molassique du col du Mollard est dans la même position et est peut-être miocène, car il recouvre de l'Oligocène continental; toutefois on admet, depuis REVIL, son âge oligocène.

3. Prolongation de ces structures vers le Nord et le Sud.

Les observations exposées ci-dessus permettent d'éclairer certains points de structure à l'extérieur du massif chartreux proprement dit.

a) *Prolongation de l'anticlinal occidental.*

La remarquable constance des directions axiales dans cet accident nous autorise à tenter de reporter sur la carte le tracé hypothétique, masqué, de son flanc occidental « autochtone ». Nous avons vu que celui-ci passait en tunnel sous le chevauchement, entre les deux Guiers : Au Sud du Guiers Mort notre tracé, comme l'observation sur le terrain, montrent qu'il passe de nouveau « en tunnel » sous le massif de la Grande-Sure. Au-delà on constate qu'après avoir traversé la vallée de l'Isère entre le Fontanil et Noyarey, cet élément structural doit aboutir aux environs du Pas de l'Ane, près de Saint-Martin-en-Vercors (voir la figure n° 1). Or il se trouve, précisément, que, dans ce secteur exact, débute, à partir du Sud, le refoulement de la voûte urgonienne du grand anticlinal de la forêt domaniale du Vercors, par-dessus son flanc Ouest très redressé : il y a là, évidemment, bien plus qu'une coïncidence, d'autant que cet accident est connu comme la prolongation méridionale de la faille de Voreppe : *J'y vois une preuve supplémentaire du fait que cette faille ne fait, sur toute la longueur où elle se développe, que déformer, par refoulement de sa partie supérieure, un anticlinal d'axe remarquablement rectiligne.*

De même, il est possible de tracer la prolongation de la portion « charriée », et enlevée par l'érosion, du flanc occidental urgonien, au-dessus du plan de faille : cette ligne aboutit très exactement au Bec de l'Orient¹⁶, où s'observe précisément une retombée de voûte anticlinale urgonienne. Plus au Sud, la direction du flanc Ouest semble tourner et devenir N-10°E environ, car plusieurs témoins en jalonnent la trace, à l'Ouest du rebord urgonien du plateau d'Autrans¹⁷. Ces observations semblent indiquer que, *là encore, la partie supérieure de l'anticlinal a subi un pivotement vers l'Ouest* ; mais, à partir du Bec de l'Orient, ce pivotement se fait dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, autour d'un axe méridional et non plus septentrional.

¹⁶ En passant, fait remarquable, à peu près là où le flanc Est de l'anticlinal Ratz-Montaud s'infléchit brusquement : il est tentant de voir dans cette flexure de la Dent de Montaud, et dans la faille du Ratz qui la prolonge au Nord, un effet d'effondrement relatif, dû à la surcharge de la masse chevauchante lors de la surrection post-miocène : de fait, ces accidents sont effectivement d'âge post-miocène, et leur origine serait, autrement, assez énigmatique.

¹⁷ Entrée des gorges de la Bourne, à l'Est de La Balme-de-Rencurel, par exemple.

Il y a donc, aux deux extrémités de la faille de Voreppe, et de part et d'autre d'une ligne voisine de la Cluse de l'Isère, une symétrie frappante dans le développement de cet accident : il a dû jouer, à partir d'une structure anticlinale préexistante, par un double pivotement, autour de deux axes extrêmes distants de 40 km ; la zone d'affrontement des deux mouvements pivotants a donc dû connaître des dislocations qui, par leur emplacement, peuvent être à l'origine de la localisation de la Cluse de l'Isère qui a fait l'objet de spéculations récentes. Il est probable, en tout cas, que les failles décrites près de Grenoble par R. BARBIER et J. DEBELMAS (1960) sont liées à ces mouvements.

Pour en terminer avec cet anticlinal occidental, je soulignerai que c'est lui qui se développe vers le Sud pour former l'anticlinal central et majeur du Vercors¹⁸. Vers le Nord, par contre, il semble mourir dans le synclinal de Couz, bien avant que ce dernier ne s'élargisse pour former la plaine molassique d'Aix-les-Bains. Toutefois son ennoyage sous la molasse ne permet pas d'être plus précis sur ce point.

b) *Prolongation de l'anticlinal médian.*

Cet élément structural disparaît totalement, par ennoyage, tant vers le Sud (dans le synclinal molassique de Proveyzieux)¹⁹ que vers le Nord (sous la plaine molassique d'Aix-les-Bains). C'est, en fait, le seul élément longitudinal de la structure qui soit proprement chartreux et n'ait pas de prolongations en dehors du massif.

c) *Prolongation du pli-faille oriental.*

Conformément aux idées devenues classiques, on peut le voir se prolonger en Vercors au-delà du pli-faille du Néron (pli-faille du Moucherotte). De même, vers le Nord, il est reconnu (P. GIDON, 1954) que sa surface de refoulement prolonge celle par laquelle le chaînon le plus occidental des Bauges (Nivolet - Mont Revard) repose sur la plaine molassique. Cet accident peut donc être considéré, à première vue, comme représentant en Chartreuse l'extrémité méridionale du massif des Bauges et, plus précisément, celle du chaînon du Semnoz qui naît près d'Annecy.

Les divers éléments tectoniques de ce pli-faille peuvent également être suivis en direction du Nord : son anticlinal jurassique se subdivise en un « anticlinal Montagnole-Jacob », qui passe à celui de Lémenc au Nord de

¹⁸ Où il s'accidente secondairement d'ailleurs, suivant une tendance qui apparaît dès le massif de la Grande-Sure. L'un de ces accidents, l'anticlinal de Sassenage, présente d'ailleurs, bien visible, le style en genou, avec rupture du flanc Ouest par une faille chevauchante, qui caractérise les plis de Chartreuse.

¹⁹ Ainsi qu'il ressort des levés de P. BOUCHÉ (1954).

Chambéry, et un « anticlinal de Barberaz » qui disparaît sous la montagne du Nivolet ; j'incline à penser que cette disparition pourrait être due, non à son effacement, mais à son recouvrement par la série refoulée de l'Écaille du Joigny : cette dernière, en effet, se poursuit par l' « anticlinal » jurassique de Raseray, soubassement de la série crétacée du Nivolet, et, sans doute, dans les structures redoublées décrites par P. GIDON (1950) sous le Mont Revard.

Le synclinal oriental trouve sans difficulté sa prolongation dans le synclinal des Déserts, qui s'aligne exactement sur le même axe que lui. Quant aux chevauchements du col de l'Alpe, ils peuvent être rapprochés du chevauchement de la série du Margérian sur le synclinal des Déserts, d'autant plus que ce chevauchement se poursuit dans le Jurassique jusqu'à la Cluse de Chambéry, ainsi que je l'ai montré récemment (M. GIDON, 1964, voir notamment la fig. 2). Si cette assimilation est exacte, il en résulterait que *le bord subalpin correspondrait sensiblement, entre Chapa-reillan et la Dent de Crolles, au passage du plan de faille du chevauchement du Massif des Bauges sensu stricto* sur le chaînon Semnoz - Nivolet - Moucherotte. Quoi qu'il en soit, l'existence de l'écaille chevauchante du col de l'Alpe indique qu'à l'Est du bord subalpin il y avait une masse de terrains suffisante pour y provoquer l'apparition de cet accident : ce fait ne paraît guère en accord avec la théorie qui voudrait que ce bord subalpin représente une « déchirure structurale », simplement retouchée par l'érosion.

4. Les cassures transversales.

Ce n'est qu'à une date récente (J. GOGUEL, 1948) que l'attention des géologues s'est portée sur le système de failles qui recoupe les structures longitudinales. Une étude soignée de ces accidents montre pourtant beaucoup de faits significatifs :

1° Le nombre de ces failles transversales est très grand : dans les limites de la feuille Montmélian au 1/50 000^e je n'en connais pas moins de 12 orientées NE-SW, qui recourent le synclinal oriental avec un rejet cartographiable. En outre on en trouve beaucoup d'autres, visibles surtout dans l'Urgonien, dont le rejet est faible ou pratiquement nul²⁰ ; cette multiplication des cassures de même direction, dont seulement quelques-unes ont des rejets importants, semble indiquer la reprise posthume d'un réseau, établi sans rejet, sous des efforts de distension. Un argument supplémentaire en faveur de cette manière de voir est fourni par la fré-

²⁰ L'étude du plateau de l'Alpette est très instructive à cet égard.

quence suivant laquelle on rencontre, le long des plans de failles, un remplissage de calcite épais de 0,5 à 2 m ²¹.

2° La direction des failles est variable et une cartographie précise montre :

— dans l'anticlinal médian un réseau orienté N-55°W et un second orienté N-80°E ;

— dans le synclinal oriental un réseau à faibles rejets orienté N-80°W et un second, possédant parfois de forts rejets, orienté N-55°E.

La comparaison entre les réseaux de ces deux zones permet d'y reconnaître, en gros, les mêmes failles, avec des positions respectives et des rejets comparables, mais avec une *dévi*ation de leur direction qui s'établit aux alentours de 25°. C'est là un phénomène qui ne peut en aucune manière être attribué à une réfraction du plan de faille, car il se met en évidence par comparaison de deux dalles fracturées l'une et l'autre urgoniennes et dotées de pendages comparables ²². Il ne peut s'expliquer que par un *pivotement* postérieur à la formation de la cassure initiale, soit de l'anticlinal médian (dans le sens des aiguilles d'une montre), soit du pli-faille oriental (en sens inverse). Ce pivotement semble postérieur à la mise en place du pli-faille, car la direction des cassures, dans sa portion frontale, qui chevauche l'Urgonien de l'anticlinal médian, est calquée sur celle des cassures dans ce dernier terrain : le changement de direction semble s'effectuer sensiblement à partir de l'axe de l'anticlinal du Jurassique du pli-faille ou un peu plus à l'Est.

3° Le rejet des failles NE-SW est double : il consiste à la fois en un *effondrement* du compartiment méridional et, comme J. GOGUEL l'a montré le premier (1948), en un *décrochement* de ce compartiment vers le SW. En fait les choses sont très nuancées ; par exemple :

— L'effet de décrochement est très minime dans le synclinal oriental, où l'aspect de décalage axial est dû, en majeure partie, à un relèvement plus brutal du flanc Ouest au Nord des cassures. Le rejet vertical y est tout à fait prédominant par contre et atteint des valeurs de plusieurs centaines de mètres.

— Au contraire, le rejet vertical est moins accentué dans l'anticlinal jurassique du pli-faille, mais le rejet horizontal y est très accusé, de l'ordre de 1 000 m, par exemple aux abords de La Fracette et des Teppaz (au N de Saint-Pierre-d'Entremont). C'est là un aspect supplémentaire de cette

²¹ L'un de ces filons est recoupé par la route allant du village des Brancaz à celui des Minets, au premier tournant après le village des Pins.

²² Alors qu'une réfraction du plan de faille ne peut être introduite que par une différence de nature lithologique ou de pendage dans les roches successivement traversées.

dysharmonie intense de plissement entre Urgonien et Jurassique qui a été signalée plus haut. En outre il faut noter que, par le truchement de cet effet de décrochement, la direction axiale de l'anticlinal jurassique prend une valeur moyenne proche de celle du synclinal oriental, alors que, dans chaque compartiment entre les failles, elle s'en écarte de 20° : en somme la différence de comportement entre l'Urgonien et le Jurassique, vis-à-vis des failles transversales, est liée à leur différence de comportement en matière de plissement : du Nord au Sud l'axe anticlinal dévie vers l'Est en même temps que le pli se déverse légèrement et se serre, dans cette direction, contre le synclinal oriental non dévié ; ceci jusqu'à ce que la rupture de la voûte par la faille entraîne un décalage de l'axe anticlinal plus à l'Ouest, suivie, au Sud de la faille, par une nouvelle déviation progressive vers l'Est.

— Dans l'anticlinal médian les cassures ont généralement un rejet vertical, « en touches de piano », avec amplification vers l'Est. Quelques-unes seulement ont joué en décrochement, telle la grande cassure qui traverse l'anticlinal de bout en bout, du Pré de La Morte (La Ruchère) au Château du Gouvernement (Saint-Pierre-d'Entremont). Aucune faille ne semble affecter notablement l'anticlinal occidental : il est clair que les rejets s'atténuent d'Est en Ouest et qu'ils ne représentent, dans l'anticlinal médian, que des répercussions secondaires de mouvements ayant surtout affecté le pli-faille oriental.

4° La continuité de ces accidents, au travers du massif, avait été admise par J. GOGUEL. J'ai déjà exposé (M. GIDON, 1954) que c'est là une conception qui mérite de sérieuses retouches : en effet il est impossible de réunir par un trait continu les failles correspondantes cartographiées dans l'anticlinal médian et dans le pli-faille oriental. Cela est vrai notamment pour :

- la faille des granges du Cucheron et celle de l'éperon NW du Granier ;
- la faille de la Tournette et celle des Pinchérins ;
- les failles de la Fracette et celles du col de l'Alpette ;
- la faille Pré de La Morte - Château du Gouvernement et son homologue (à faible rejet) sur le plateau de l'Alpette ;
- la faille Arpison - col de Bovinant et celles du col de l'Alpe.

A cet égard l'étude des relations entre la faille du Pré de La Morte et celle de l'Alpette est particulièrement instructive (figure n° 3) :

Malgré une interruption des observations entre La Plagne et Les Rigauds, il n'est guère douteux que la faille de l'Alpette vient aboutir à ce dernier village, où on la décèle clairement. En ce point sa direction devient conforme à celle des failles de l'anticlinal médian, dont elle vient effectivement casser le flanc Est, après avoir franchi et décroché la trace

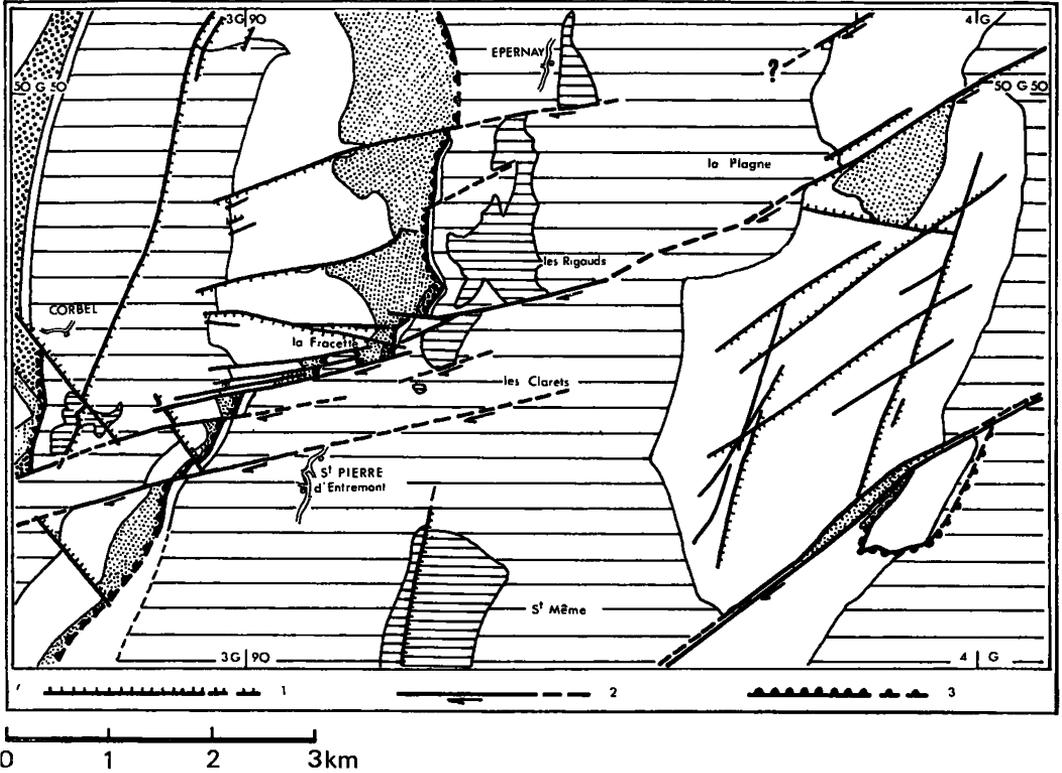


Fig. 3. — Carte tectonique des environs de Saint-Pierre-d'Entremont montrant le relai du mouvement de décrochement entre la faille de l'Alpette et celle du Pré de la Morte.

1, Failles à rejet vertical (barbes du côté abaissé); 2, Failles à rejet horizontal (décrochement dans le sens de la flèche); 3, Failles de chevauchement (dentations du côté chevauché).

Les figurés sont les mêmes que dans la figure 2. Gros points : Molasse; petits points : Crétacé supérieur et moyen; blanc : Urgonien; hachures lâches : Néocomien; hachures serrées : Malm.

du chevauchement du pli-faille. Son rejet devient alors uniquement vertical et s'amortit très vite par l'effet d'un mouvement en touche de piano.

De son côté la faille du Pré de La Morte se suit jusqu'à Saint-Pierre-d'Entremont et, d'une façon plus douteuse, jusqu'au village des Clarets. Il est très certain qu'au-delà elle s'amortit totalement²³ et ne provoque aucun rejet dans la falaise urgonienne du Roc du Pinet.

²³ Cet amortissement se produit peut-être à la faveur du passage de la surface listrique de l'écaille du Joigny; c'est malheureusement une hypothèse qui ne peut guère être vérifiée, par suite de l'importance du manteau d'éboulis dans ce secteur.

Entre ces deux failles j'ai pu dénombrer 5 cassures parfaitement parallèles dont les rejets, à la fois verticaux et horizontaux, transmettent progressivement, en s'additionnant, le mouvement de décrochement, de la faille de l'Alpette à celle du Pré de La Morte.

On constate en définitive que la faille de décrochement semble avoir son propre tracé décroché de près de 1 km, du Nord vers le Sud. Ce fait peut être interprété en considérant que le plan de faille utilisé dans le mouvement de décrochement était antérieur à la mise en place du pli-faille et que, à cette occasion, le refoulement du SE vers le NE a provoqué le décalage du tracé qui est maintenant observable.

Hors du massif chartreux, ces failles se prolongeaient sans doute assez loin vers le NE : j'ai pu montrer en effet que les failles du Pas de la Fosse, des Pinchérins et de l'Alpette se décalaient fort clairement dans l'extrémité Sud du massif des Bauges (M. GIDON, 1964).

5° Enfin toutes ces cassures montrent, dans le pli-faille oriental, des déformations de leurs lèvres qui sont également significatives :

— Le compartiment intercalé entre les deux failles du col de l'Alpe montre un affaissement en graben, datant d'une phase de distension ; la craie sénonienne de ce compartiment se montre affectée d'une schistosité verticale parallèle au plan de faille : cela dénote clairement l'application, après coup, d'une striction grossièrement perpendiculaire à la direction des cassures.

— En plusieurs points le compartiment affaissé (méridional) montre un rebroussement, à la verticale, de ses assises le long du plan de faille, ce qui aboutit à lui donner localement l'allure d'un synclinal pincé d'axe NE-SW (direction tout à fait aberrante ici). C'est le cas au Sud des deux failles du col de l'Alpe, au col de l'Alpette et, dans le massif de Curienne, au Sud de la faille de Camelot (voir B. DOUDOUX, 1963, et M. GIDON, 1964).

— Ailleurs le compartiment intercalé entre deux failles a été serré au point de former un pli anticlinal sensiblement orienté suivant la direction des failles : telle est l'origine du beau pli droit affectant les marnes valanginiennes dans le versant Nord du col de la Drière du Joigny (« col du Midi » auct.), lequel s'observe fort bien depuis Chambéry ; telle est sans doute également la cause du petit anticlinal très serré observé, entre Challes et la ferme de Belvarde, par B. DOUDOUX.

— Enfin il n'est pas jusqu'au pendage du plan de faille, toujours voisin de 70° vers le SE, qui ne puisse être l'indice de l'application, sur ce réseau de failles, d'efforts à tendance chevauchante du SE vers le NW.

5. Conclusion : La Tectogénèse cartusienne.

Le regroupement des faits exposés ci-dessus permet d'aboutir à une vue cohérente à la fois dans l'espace et dans le temps. On constatera qu'elle aboutit à une conception de la tectogénèse de ce massif qui est en grande partie différente de ce qui a été admis jusqu'à ce jour.

Deux phases tectoniques doivent en effet y être distinguées :

— La première, antérieure au Chattien, peut correspondre soit à la *phase paléocène*, soit à la *phase sannoisienne* de J. DEBELMAS (1963).

— La seconde, postérieure au Vindobonien, correspond sans doute à la *phase ponto-pliocène* de J. DEBELMAS.

Il n'avait jamais été mis en évidence que leurs effets, quoique complémentaires quant à la genèse de la structure actuelle, sont de genres essentiellement différents :

1° La phase anté-chattienne a produit des rides anticlinales très continues (plus de 40 km pour l'anticlinal occidental) et très rectilignes. Leur section transversale était sans doute symétrique et leur relief déjà de l'ordre de plus de 100 m. La cause de cette tectonique ne doit pas être gravitationnelle, car il n'y a pas d'indices, à cette époque, d'un relèvement de la topographie vers l'Est, bien au contraire. On peut penser que ces plis ont pu être déterminés, par exemple, à la suite de *mouvements du socle*.

2° La phase post-vindobonienne a dû voir se produire un soulèvement progressif, d'Ouest en Est, de toutes ces structures, conformément à la disposition qui s'observe maintenant. Les plis ont été repris et accusés : ce fait se notant surtout par le pendage, vers l'Est, de la molasse sur leur flanc oriental et celui, vers l'Ouest, marqué seulement le long d'une mince bande bordière sur le flanc occidental, il apparaît que c'est à ce moment que les plis ont dû devenir dissymétriques. Enfin, sans doute après une érosion qui a dégagé les voûtes d'autant plus profondément que l'on se trouve plus à l'Est, s'est produit le phénomène le plus important : il s'agit de l'application d'*efforts tangentiels*, qui se manifestent déjà par le déversement des plis, mais ont causé également :

— la rupture des flancs occidentaux, de plus en plus bas et sur une longueur de plus en plus grande en allant d'Ouest en Est, par des failles longitudinales de chevauchement inclinées à environ 40° ;

— le refoulement consécutif, en faux pli-faille, de la portion supérieure de l'anticlinal par-dessus le flanc Ouest plus ou moins conservé. L'amplitude de ce mouvement atteint une valeur maximale qui peut être évaluée à 6 km pour la faille de Voreppe (Bec de l'Orient) et doit être de cet ordre de grandeur presque de bout en bout pour le « pli-faille » oriental ;

— un pivotement de la direction des structures ainsi refoulées, par rapport à leur position originelle : ce pivotement déplace vers l'Ouest, jusqu'à la vallée de l'Isère, la portion méridionale du pli occidental et sans doute également les chaînons jurassiens qui le jouxtent. Par contre le pivotement se fait sans doute en sens inverse dans les accidents orientaux, si l'on en juge d'après la comparaison des directions des failles NE-SW dans ces derniers et dans le cristallin de la chaîne de Belledonne ;

— un décrochement des structures longitudinales les plus orientales, à la faveur de failles déjà existantes. Ces décrochements ont pour effet de réajuster entre elles les directions, initialement non concordantes, de ces structures longitudinales maintenant rapprochées et même serrées les unes sur les autres par les mouvements tangentiels.

L'association d'un soulèvement d'Ouest en Est et d'efforts tangentiels (s'accroissant dans le même sens), qui caractérise cette phase, indique assez clairement l'intervention d'une *tectogénèse gravitationnelle*. La mise en place des unités listriques de cette époque²⁴ a sans doute été grandement facilitée par l'action des érosions antérieures qui a certainement provoqué un affaiblissement sensible des voûtes urgoniennes ainsi que le dégageant de celles-ci hors de l'ennoyage molassique²⁵.

Enfin je soulignerai, pour terminer, que la direction NE-SW des principales failles transversales n'a certainement pas été déterminée par les efforts de la phase post-vindobonienne : au contraire ces derniers ont déformé les plans de failles de multiples façons, au cours d'une striction qui leur est grossièrement orthogonale, et relèvent certainement de cette dernière phase. Ces directions de failles datent d'une phase antérieure de distension qui est probablement notre phase anté-chattienne : en ce cas l'association, à cette époque, de la formation de rides anticlinales et de l'ouverture de cassures de distension, obliques à ces rides, peut suggérer que la cause de ces accidents serait, conformément aux vues exprimées pour le Jura par E. WEGMANN (1960), des *mouvements de coulissement, à peu près méridiens, au niveau du socle*.

Quoi qu'il en soit, on doit remarquer que cette direction de cassure est de type « hercynien », conforme à celle des lignes isopiques, et sensiblement parallèle aux directions structurales des phases tectoniques crétaées : ce n'est sans doute pas là l'effet du seul hasard, mais une liaison plus précise entre ces divers faits n'a pas encore pu être établie.

²⁴ Je rappelle qu'en Chartreuse le repliement des assises en plis couchés n'a joué aucun rôle (contrairement à ce qui se passe dans les Bauges).

²⁵ On peut penser que l'inversion de relief de la « Grande vallée » de Chartreuse orientale doit son origine, pour une bonne part, à ce phénomène et, peut-être, à un décapage total de la carapace urgonienne au-dessus de l'axe du pli jurassique.

OUVRAGES CITES

- BARBIER (R.) et DEBELMAS (J.) (1960). — La structure du Chaînon Bastille - Jalla - Mont Rachais, près de Grenoble (C. R. A. S., t. 250, p. 2593-2595).
- BOUCHÉ (P.) (1954). — Etude géologique de la Chartreuse médiane au Sud du Guierf Mort (D. E. S., Grenoble, inédit).
- CLAVIER (B.) (1948). — Etude géologique de la région de la Grande-Sure (D. E. S., Grenoble, inédit).
- DEBELMAS (J.) (1963). — Plissement paroxysmal et surrection des Alpes franco-italiennes (T. L. G., t. 39, p. 125-171).
- DEN TEX (E.), KALSBECK (F.) et KONING (H.) (1961). — Complementary wrench faults and related structures in the crystalline rocks of the Belledonne massif (french alps) (*Overdruk Geologie en Mijnbouw*, 40° j., n° 7).
- DONDEY (D.) (1960). — Contribution à l'étude de la série cristallophyllienne et de la couverture sédimentaire de la chaîne de Belledonne méridionale (T. L. G., t. 36, p. 285-367).
- DOUDOUX (B.) (1963). — Nouvelle étude sur le massif de Curienne (*Annales du Centre d'Enseignement supérieur de Chambéry*, n° 1, p. 79-94).
- GERMAIN (C.) et DEMAISON (G.) (1958). — Contribution à l'histoire géologique du bassin de Valence (T. L. G., t. 34, p. 49-82).
- GIDON (M.) (1954). — Etude géologique de la dépression de Saint-Pierre-d'Entremont (D. E. S., Grenoble, inédit).
- (1954). — Observations sur la dépression de Saint-Pierre-d'Entremont (T. L. G., t. 32, p. 41-47).
- (1964). — Vues nouvelles sur la géologie de la Chartreuse septentrionale et de l'extrémité Sud des Bauges (A. C. U. C., à paraître).
- GIDON (P.) (1950). — La bordure orientale de la vallée de Chambéry (T. L. G., t. 28, p. 57-78).
- (1951). — Structure géologique du « Groupe Mont de Joigny - Mont Granier », en Grande-Chartreuse septentrionale (Savoie) (C. R. A. S., t. 233, p. 809-811).
- (1954). — Le front subalpin septentrional (T. L. G., t. 32, p. 49-56).
- GIGNOUX (M.) et MORET (L.) (1952). — Géologie dauphinoise (2^e édition), Masson, Paris.
- GOGUEL (J.) (1948). — Sur le rôle des failles de décrochement en Chartreuse (B. S. G. F., 5^e s., t. 18, p. 227-235).
- NASH (J.) (1926). — Die Geologie der Grande Chartreuseketens; Delft.
- REVIL (J.) (1913). — Géologie des chaînes jurassiennes et subalpines de la Savoie, Chambéry.
- WEGELE (H.) (1910). — Sur la géologie des environs de Saint-Laurent-du-Pont (Isère) (T. L. G., t. 9, p. 42-61).
- WEGMANN (E.) (1960). — Le Jura plissé, dans la perspective des études sur le comportement des socles; *Livre P. Fallot*, t. II, p. 99.