

## **Les complexités tectoniques de la carrière de Sautaret, près de Voreppe, et leurs implications sur la stratigraphie détaillée du Berriasien inférieur de la Chartreuse occidentale**

par Eric BLANC\*, Maurice GIDON\*\*, Hubert ARNAUD\* et Annie ARNAUD-VANNEAU\*.

*RÉSUMÉ.* — Au Chevalon de Voreppe le front de taille de la carrière de Sautaret, ouvert dans la partie inférieure de la coupe du Fontanil, montre de multiples et splendides exemples de structures tectoniques, de dimensions décamétriques à hectométriques. Les unes provoquent des redoublements de la succession par le jeu de chevauchements, les autres ont eu au contraire un jeu plutôt extensif et/ou décrochant.

L'âge de ces accidents et leur place dans le contexte régional sont discutés et l'on précise les conséquences de leur prise en compte pour la connaissance correcte de la succession stratigraphique détaillée.

*MOTS CLÉS.* — Berriasien, chevauchements, extension synsédimentaire, Chartreuse.

## **Tectonic complexities inside the lower Berriasian near Voreppe (Isère, Western Alps) ; their importance for the knowledge of the detailed stratigraphic succession**

*ABSTRACT.* — Well exposed outcrops in the Sautaret quarry (Chevalon, Voreppe area near Grenoble) provide good examples of the various types of deformation existing inside the Lower Berriasian marly levels. Analysis of the various tectonic features places them in the subalpine context, which is important for a good understanding of the detailed stratigraphic succession in this region.

*KEY WORDS.* — Berriasian, thrusting, Chartreuse massif, Western Alps, France.

Le but de la présente note est de décrire et d'analyser des affleurements de qualité exceptionnelle qui ont l'intérêt de nous renseigner avec une grande précision tant sur la succession stratigraphique de la base du Néocomien de la Chartreuse occidentale que sur la structuration interne de ces formations principalement marneuses, difficilement observables dans les conditions ordinaires.

### 1. - SITUATION DES AFFLEUREMENTS

La carrière de Sautaret (Fig. 2) où ont été faites les observations se situe dans la cluse de l'Isère, le long de la marge sud du massif de la Chartreuse, environ 3 km au sud-est de Voreppe (Fig. 1). Celle-ci, exploitée jusqu'à une date récente pour la pierre à ciment, est

---

\* Laboratoire de Géodynamique des Chaînes alpines, URA 69, Institut Dolomieu, 15 rue M. Gignoux, F 38031 Grenoble.

\*\* Rue des Edelweiss, F 38500 Voiron.

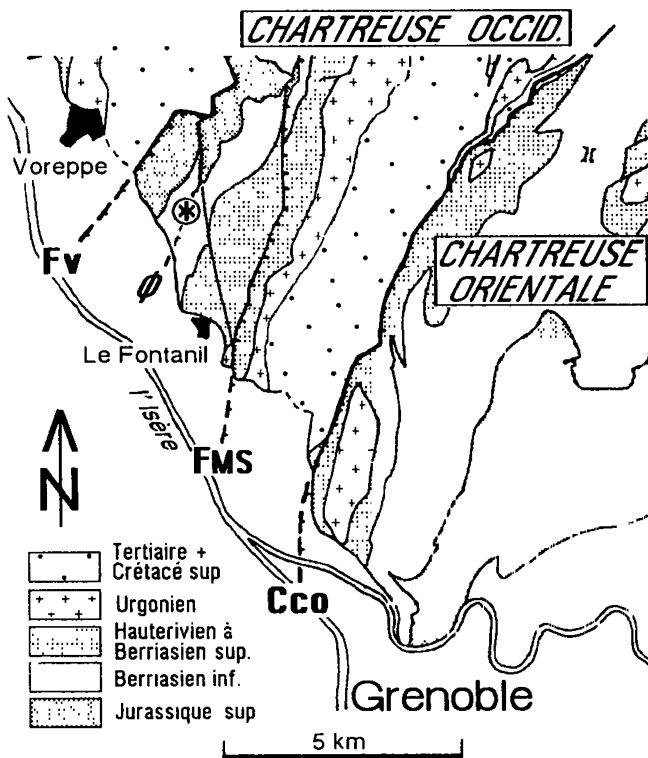


FIG. 1. Carte de situation .

L'astérisque cerclé situe la carrière de Sautaret ; les différents ensembles lithologiques et structuraux de la rive droite de la cluse de l'Isère sont localisés.

FV = Faille (chevauchement) de Voreppe ; F = chevauchement de Sautaret ; FF faille principale du Fontanil (= *pro parte* tassement quaternaire probable) ; FMS = faille (chevauchement) de Mont-Saint-Martin ; CCO = chevauchement de la Chartreuse orientale.

FIG. 1. - Location sketch map : the star inside a circle indicates the location of the Sautaret quarry. See french caption for structural abbreviations.

ouverte dans un terme marno-calcaire ("membre de Sautaret") daté du Berriasien tout à fait inférieur (Le Hégarat, 1972; Arnaud *et al.*, 1981 ; Blanc *et al.*, 1993) (Fig. 3). La succession y est constituée par des assemblages rythmés de bancs calcaires décimétriques dont l'analyse en terme de stratigraphie séquentielle est en cours. Elle offre un front de taille principal, haut de plus de 100 m, orienté à peu près N60° et regardant vers le nord-ouest (Fig. 4). Celui-ci se raccorde par incurvation progressive, du côté sud-ouest, à un front de taille occidental (Fig. 5) orienté pratiquement nord-sud et à regard ouest. L'un et l'autre sont encore bien observables mais tendent à se masquer de plus en plus sous des matériaux éboulés, de sorte qu'il devient particulièrement intéressant d'en donner une description dans leur état actuel.

Le premier front de taille domine un large terre plein correspondant au niveau principal d'exploitation, qualifié "d'étage principal" dans la figure 4; il est en outre traversé horizontalement par deux replats plus élevés ("étage moyen" et "étage supérieur") qui correspondent aux plus hauts niveaux d'exploitation et permettent l'accès à la partie haute de la coupe. Le

second front de taille descend en excavation en contrebas du niveau principal d'exploitation. Cet "étage inférieur" plus encombré d'éboulis est moins accessible et n'offre que des observations plus fragmentaires (Fig. 5).

## 2. - LES OBSERVATIONS

L'examen du front de taille principal, depuis la partie centrale de l'étage principal d'exploitation, révèle, dès le premier abord, un foisonnement de structures tectoniques décamétriques (Fig. 4); beaucoup d'entre elles, notamment celles des étages moyen et supérieur ne peuvent cependant être correctement analysées lors d'un examen sous cet angle pour des raisons de déformation de perspective. C'est notamment le cas en ce qui concerne une grande faille (F1) qui recoupe transversalement toute la partie supérieure du champ d'observation. Cette dernière, ayant une orientation sensiblement est-ouest, s'observe donc de façon beaucoup plus satisfaisante sur le front de taille occidental.

L'analyse du rejet vertical et de la continuité des fractures de ce front de taille principal est basée sur la reconnaissance individuelle des faisceaux plurimétriques de bancs calcaires (dont l'épaisseur individuelle varie de 10 à 30 cm) qui sont délimités par des lits marneux (épais de 1 à 5 m pour la plupart). L'identification de ces faisceaux se fonde sur l'observation des patines, des associations de faciès et des agencements intimes des bancs, tous éléments qui permettent d'établir une "carte d'identité séquentielle" de chaque faisceau. Ce travail a été réalisé sur le terrain, en s'aidant de photographies prises à distance et sous différents angles (ce qui permet de comparer deux affleurements non visibles sur le même document). Pour se repérer dans la succession des faisceaux repères reconnus il leur a été attribué une lettre de reconnaissance, en suivant l'ordre alphabétique du bas vers le haut (Fig. 4). On a affecté d'un astérisque la lettre désignant les faisceaux dont l'identification comporte une part d'interprétation (par suite de dissemblances de détail avec les faisceaux repères auquel ils sont attribués).

Ce travail a permis de préciser les rejets des accidents cassants et a en outre conduit à mettre en évidence un certain nombre de structures tectoniques pratiquement invisibles autrement. L'inventaire de ces structures révèle très vite, bien qu'elles soient assez étroitement intriquées, qu'elles se répartissent en quatre groupes de caractères différents :

- des surfaces de faille faisant avec les couches un angle faible, de 0 à 15°, dont le caractère foncièrement compressif (failles inverses) est évident;
- des surfaces de faille très inclinées (angle avec les couches compris entre 75° et 90°), de dessin très irrégulier et à rejet vertical de type normal;
- des terminaisons de faisceaux en biseau;
- des structures de déformation plicative.



FIG. 2. Vue d'ensemble de la carrière de Sautaret (cliché pris depuis la rive gauche de l'Isère). Sous cet azimut, de N80°E, on voit d'enfilade le plan de cassure de la faille F1, penté en moyenne à 60° vers le sud. Un examen attentif montre qu'il est affecté dans le détail d'une morphologie en marches d'escalier.

FIG. 2. - A view of the Sautaret quarry, from the western side of the Isère valley. The view strikes N80°E, as does the fault plane of F1.

### 2.1. Les failles à caractère principalement compressif

Le panorama du front de taille principal (Fig. 4) permet de constater la présence d'un grand chevauchement, noté  $\Phi$ , qui le traverse de part en part à une cote voisine de 420 m et qui sera dénommé par la suite le "chevauchement de Sautaret". Il est souligné à sa base par une zone broyée de 1 à 5 m d'épaisseur formée de fragments de bancs disjoints et affectée d'une intense schistosité; cette zone permet de suivre  $\Phi$  avec certitude malgré la présence de cônes d'éboulis sur le front de taille, ce qui le masque en surface dans la partie méridionale de l'affleurement. Le plan de cassure de ce chevauchement a un pendage de 40 à 60°E pour un azimut voisin de N45°. La schistosité de la zone broyée a un pendage plus fort, qui atteint 80°E et son azimut, plus méridien, est proche de N15°.

On constate également la présence de deux autres chevauchements moins importants ( $\phi 1$  et  $\phi 2$ ), qui

affectent la tranche située au-dessus de  $\Phi$  : au-delà d'une zone fortement déformée, peu lisible (qui correspond à son intersection avec une faille F2, très proche de la verticale), la surface  $\phi 1$  semble se poursuivre pour rejoindre  $\Phi$  (elle détermine alors un redoublement du faisceau "f"). La faille de chevauchement  $\phi 2$  disparaît, quant à elle vers le SW en s'amortissant apparemment au sein de l'intervalle marneux "d"- "e", dans une zone masquée par des éboulis.

Un examen plus poussé révèle d'autres détails structuraux qui fournissent une belle illustration de la complexité de détail des zones de chevauchements :

- le long de  $\phi 1$ , dans la partie gauche du front de taille principal, s'observent plusieurs plis qui ont des axes voisins de N0° à N30° : ils représentent de façon assez évidente des **crochons** anticlinaux ou synclinaux du chevauchement; de fait, leurs azimuts sont cohérents avec ceux de la schistosité induite par le chevauchement (la charnière de l'un de ces plis, affectant le

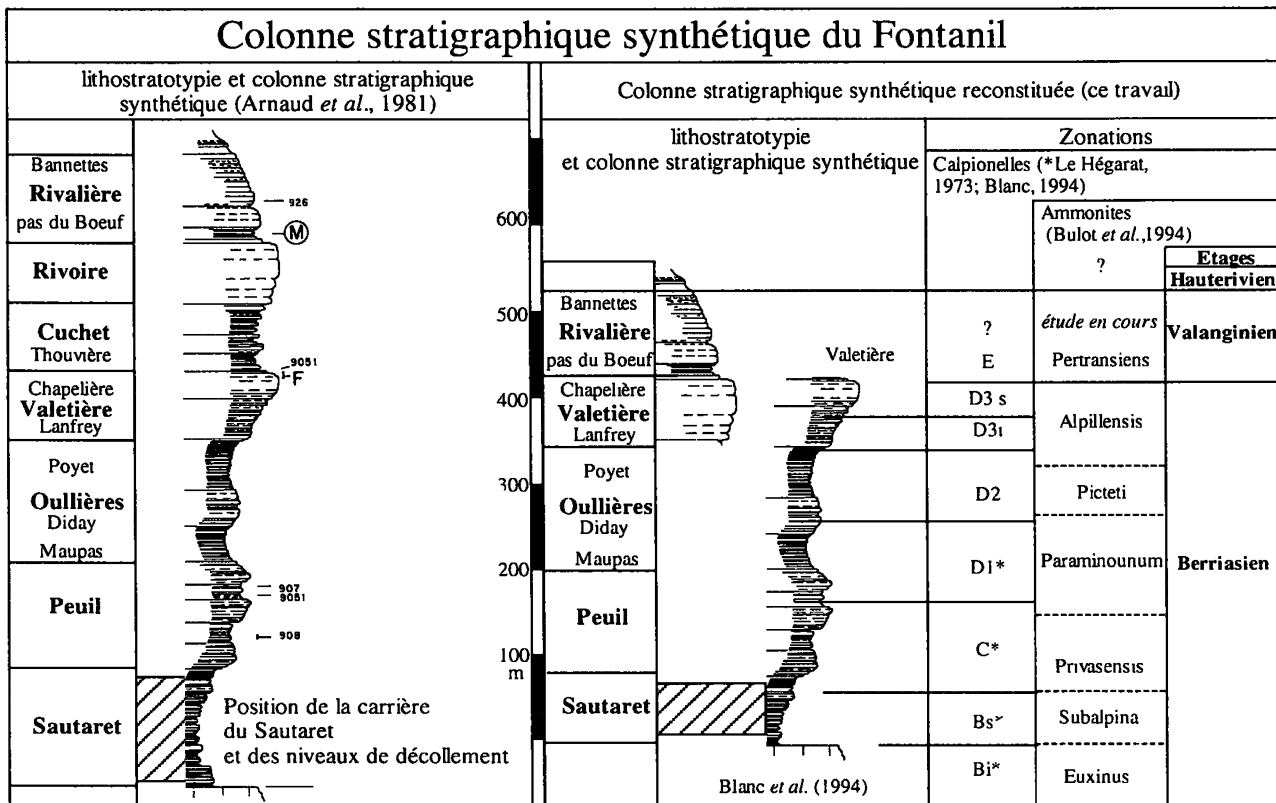


FIG. 3. Place de la succession affleurant dans la carrière de Sautaret, dans la colonne stratigraphique synthétique du Berriasien du Fontanil modifiée d'après Arnaud *et al.* (1981).

FIG. 3. Synthetic stratigraphic column of the Lower Cretaceous in the Fontanil area and position of the Sautaret quarry.

faisceau "a", est dégagée par l'érosion en un "rouleau" bien visible à l'extrême nord des affleurements).

- Le long de  $\phi 2$  on observe un dispositif en **chevauchement en accordance** ("palier" de chevauchement) tout à fait exemplaire, à la faveur duquel, à l'extrême gauche des affleurements, le sommet du faisceau "c" et la base du faisceau "d" sont plaqués l'un sur l'autre en donnant l'illusion d'un faisceau unique non tectonisé. Toujours le long de  $\phi 2$ , un autre palier de chevauchement caractérise le contact chevauchant de "c" sur "d".

- Sous  $\Phi$  et  $\phi 1$  on constate le laminage de divers faisceaux en **lambeaux de poussée amygdalaires** ("navettes") par un multitude de plans de désolidarisation secondaires.

- Enfin deux amorces de chevauchement par rupture de charnière antiforme, (avec glissement sur les strates du flanc long, selon le processus décrit par Gidon, 1989), se notent au niveau du faisceau "b" sur la voûte du crochon de  $\phi 1$ .

En ce qui concerne la forme de ces détails structuraux et les flèches de déplacement il est important de remarquer que la coupe naturelle de l'ensemble du front de taille principal est très oblique par rapport aux axes et plans structuraux de sorte que, sur la figure 4, le dessin de la géométrie est déformé de

façon caricaturale dans le sens d'un étirement horizontal : toutefois en se portant dans les pentes les plus septentrionales, là où disparaît la charnière, on en voit se dessiner la coupe sous un angle correct (Fig. 6).

On remarquera enfin qu'il existe un notable écart d'azimut entre celui du plan de cassure d'une part et ceux de la schistosité et des axes de plis d'autre part. Cela indique que le déplacement ne se faisait pas selon la direction de la ligne actuelle de plus grande pente du plan de cassure (à peu près N140°) mais en oblique vers le sud par rapport à celle-ci (à peu près selon le N110°). Les interprétations possibles de ce fait seront examinées plus loin.

## 2.2. Les failles à composante de rejet extensif

2.2.1. *Un premier groupe*, qui s'observe dans la partie droite du front de taille principal, se caractérise par un rejet vertical assez faible (moins de 10 m dans la plupart des cas). Il correspond à des cassures orientées sensiblement N120 à N130.

Ces failles présentent plusieurs particularités significatives :

- elles n'affectent chacune qu'un seul ou deux faisceaux de bancs calcaires (Fig. 4 et Fig. 5).

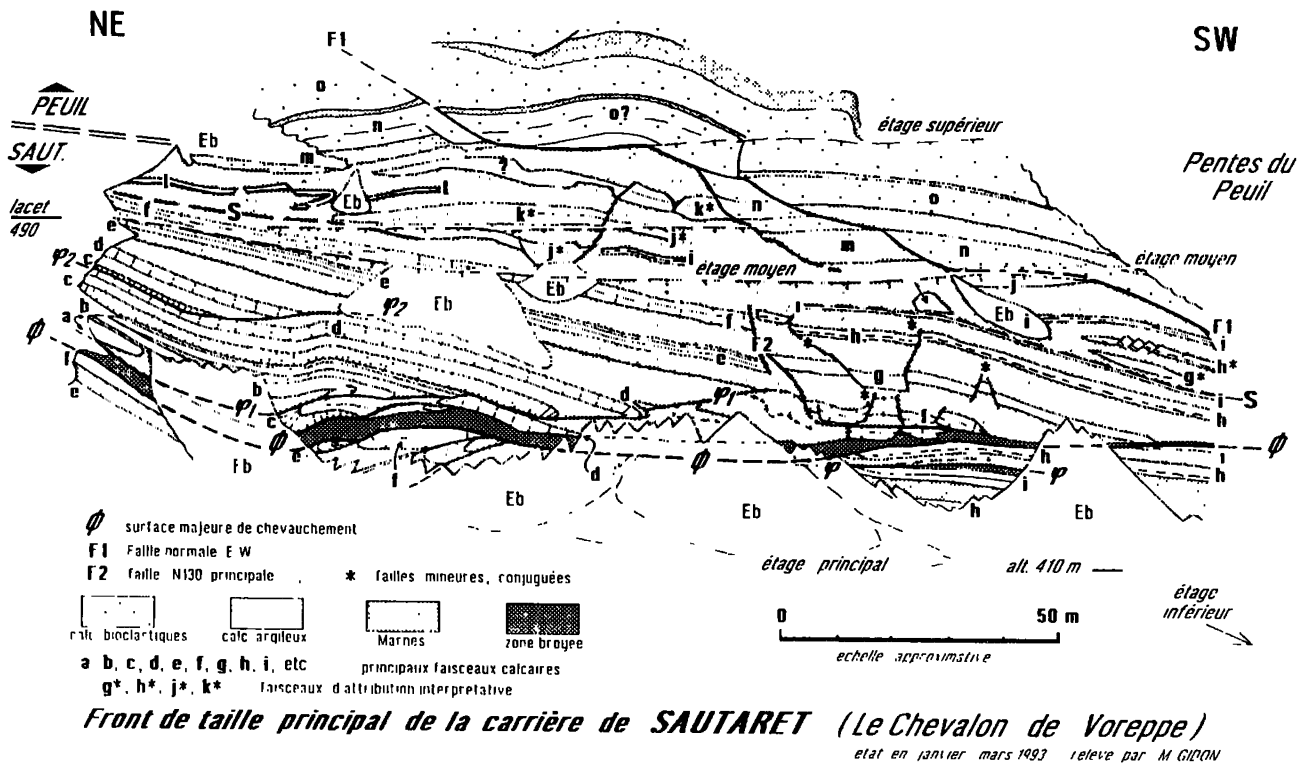


FIG. 4. Panorama général du front de taille principal de la carrière de Sautaret.

Les lettres minuscules désignent les faisceaux calcaires repères au sein du membre de Sautaret (celles pointées d'un astérisque correspondent aux assimilations plus incertaines, interprétatives) ; en bord gauche de la figure on a indiqué la limite entre membre de Sautaret et membre du Peuil (ce dernier est caractérisé par la diminution du nombre et de l'épaisseur des lits marneux et par l'accroissement du taux de matériel bioclastique dans les bancs calcaires). Commentaire des abréviations structurales (en lettres capitales) dans le texte.

FIG. 4. A general panoramic view of the main working face exposures of the Sautaret quarry.

The small letters indicate the main calcareous levels; capital letters indicate the various tectonical structures. See text for further structural explanations.

- sur une même verticale les faisceaux successifs sont affectés par des failles qui pour être de même azimut ont des sens de rejet vertical, voire des sens de pendage opposés; par exemple, un bloc surélevé (en horst) du faisceau "f" sert d'assise à un bloc affaissé (en graben) du faisceau "g".
- les tranches fracturées successives semblent le plus souvent séparées par des surfaces de

désolidarisation plus ou moins continues, à peu près parallèles aux surfaces des faisceaux. En effet des surfaces porteuses d'indices de mouvement de glissement avec extension horizontale, s'observent par places, à différents niveaux (notamment à la base du faisceau "j\*"). Elles se situent, suivant les cas, dans les interlits marneux des faisceaux (cas du faisceau "i") ou dans les tranches marneuses plus épaisses qui séparent

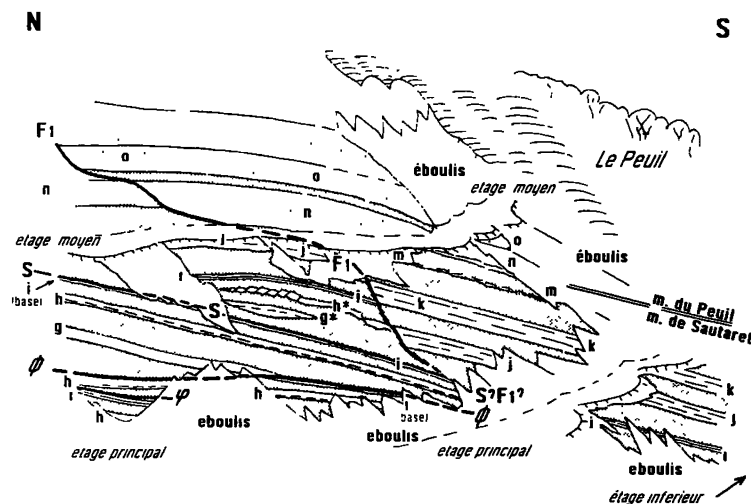


FIG. 5. - Le front de taille occidental (à orientation nord-sud et à regard ouest).

La vue est prise des pentes opposées du ruisseau de Malsouche, pratiquement dans le plan des couches. Le recul atténué la déformation perspective pour ces dernières mais la vue est encore oblique par rapport au plan de cassure de F1 (dont le tracé est donc déformé en zigzag par la perspective). On voit néanmoins que F1 ne semble pas pouvoir se poursuivre sans un fort changement de pendage en contrebas du faisceau "i". Les notations sont les mêmes que sur la figure 4 ; le doublet des faisceaux "j" + "k", formé par les deux derniers faisceaux franchement calcaires du membre de Sautaret sous la base de celui du Peuil, ne se retrouve pas, du moins sous forme de bancs cohérents et continus, dans le compartiment nord de F1 (voir Fig. 4 et texte). "m" est un faisceau peu calcaire, caractérisé par une alternance de bancs calcaires et de lits marneux d'épaisseur comparable qui clôt le membre de Sautaret. Les premiers faisceaux qui se rattachent au membre du Peuil sont ceux désignés par les lettres "n" et "o".

FIG. 5. - A view of the western working face of the Sautaret quarry, showing the succession of lithostratigraphic units on the southern side of the F1 fault (compare with Fig. 4 and see text).

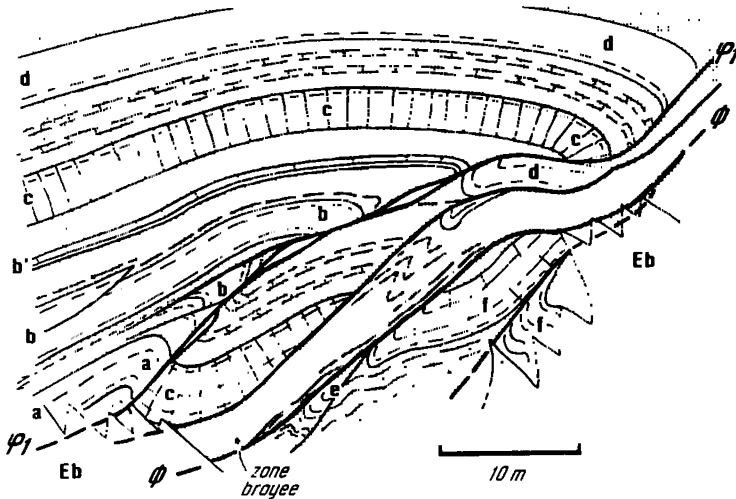


FIG. 6. - Croquis de détail, pris de l'extrémité nord-est de la carrière, dans l'axe du chevauchement principal, donnant une coupe sans déformation perspective des structures compressives.

Les numéros des cassures et la légende des abréviations stratigraphiques sont les mêmes que pour la Fig. 4.

FIG. 6. - A natural cross section of the various thrusts and folds.

This view is taken from the north-eastern part of the quarry and, so, is free of perspective deformation.

See Fig. 4 for tectonic and stratigraphical caption.

les faisceaux, à peu près parallèlement aux couches.

En définitive ces failles constituent les épontes de blocs qui ont été disjoints à la faveur de glissements sur des surfaces de décollement. Elles traduisent donc un débitage de la succession par tranches de bancs successives, d'une façon relativement indépendante les unes des autres. Il faut enfin souligner ici qu'elles ne recoupent pas les chevauchements et qu'elles ne se prolongent pas de part et d'autre de ces surfaces. On reviendra plus loin sur leur interprétation.

2.2.2. La faille F2, possède un azimuth N130, donc identique à celui du groupe précédent, mais un rejet vertical plus important, bien établi par le décalage du faisceau "f". On peut y voir une faille majeure de la famille des précédentes, encore que ses rapports vis-à-vis des surfaces tangentielles, "de désolidarisation des faisceaux", ne soient pas établis.

2.2.3. La plus grande faille (F1), est orientée à N80-N95°E avec un pendage sud qui varie de 40° à 70°, ce qui lui confère un dessin "en escaliers", son miroir devenant moins raide au passage des vires marneuses (cette irrégularité de surface peut être interprétée de deux façons : la première en la considérant comme originelle, la met sur le compte d'un jeu essentiellement décrochant, la deuxième en considérant cette surface comme originellement régulière et déformée par une tectonique ultérieure par cisaillement parallèle aux couches, ce qui indiquerait en ce cas l'ancienneté relative de cette faille par rapport aux mouvements tectoniques tangentiels). Par ailleurs le prolongement de cette faille vers le bas, en contrebas de l'étage principal, est masqué par des cônes d'éboulis et n'est donc pas connu avec certitude; néanmoins, le faisceau repère "i" se prolonge, sans présenter de décalage vertical notable, de part et d'autre des éboulis où elle serait susceptible de passer. Il est donc probable qu'elle s'amortit à ce niveau ou s'y raccorde à une surface de moindre inclinaison.

On note des dissemblances de succession de

faisceaux entre les deux blocs que cette faille délimite : en effet les faisceaux "j" et "k" de son compartiment sud, relativement épais, très calcaires et bien individualisés, ne se retrouvent pas tels quels au nord de la faille : en effet ils n'y semblent représentés que partiellement, par les deux faisceaux biseautés notés pour cette raison "j\*" et "k\*".

### 2.3. Les autres structures

Diverses dispositions d'observation moins évidente et ne relevant clairement d'aucune des catégories de structures envisagées ci-dessus sont examinées à part ici.

#### Le pli couché du faisceau "l"

Le faisceau "l" s'interrompt, par effilement progressif, au toit du faisceau "k\*"; il présente certaines ressemblances avec le faisceau "f", il recouvre un faisceau de bancs qui est proche d'aspect du faisceau "e" et sert d'assise à un faisceau qui présente quelques caractères du faisceau "g".

Il présente la particularité de dessiner un pli couché déversé vers le SW dont l'axe semble moins méridien que les plis associés aux chevauchements qui affectent les niveaux situés en contrebas. La tête anticlinale de ce pli est tranchée par une faille normale à rejet d'abaissement du compartiment SW : il semble par conséquent qu'il puisse s'agir d'un **pli de collapse**, représentant l'amorce d'un slump d'âge berriasien (mais on peut aussi envisager d'y voir un pli d'entraînement sur les côtés d'une écaille tectonique au voisinage de sa rampe latérale).

#### Les "faisceaux biseautés"

Il s'agit de faisceaux qui n'ont qu'une faible continuité horizontale et se terminent, au moins d'un côté, par un effilement oblique aux couches. Ils ont été désignés chacun par une lettre suivie d'un astérisque, la

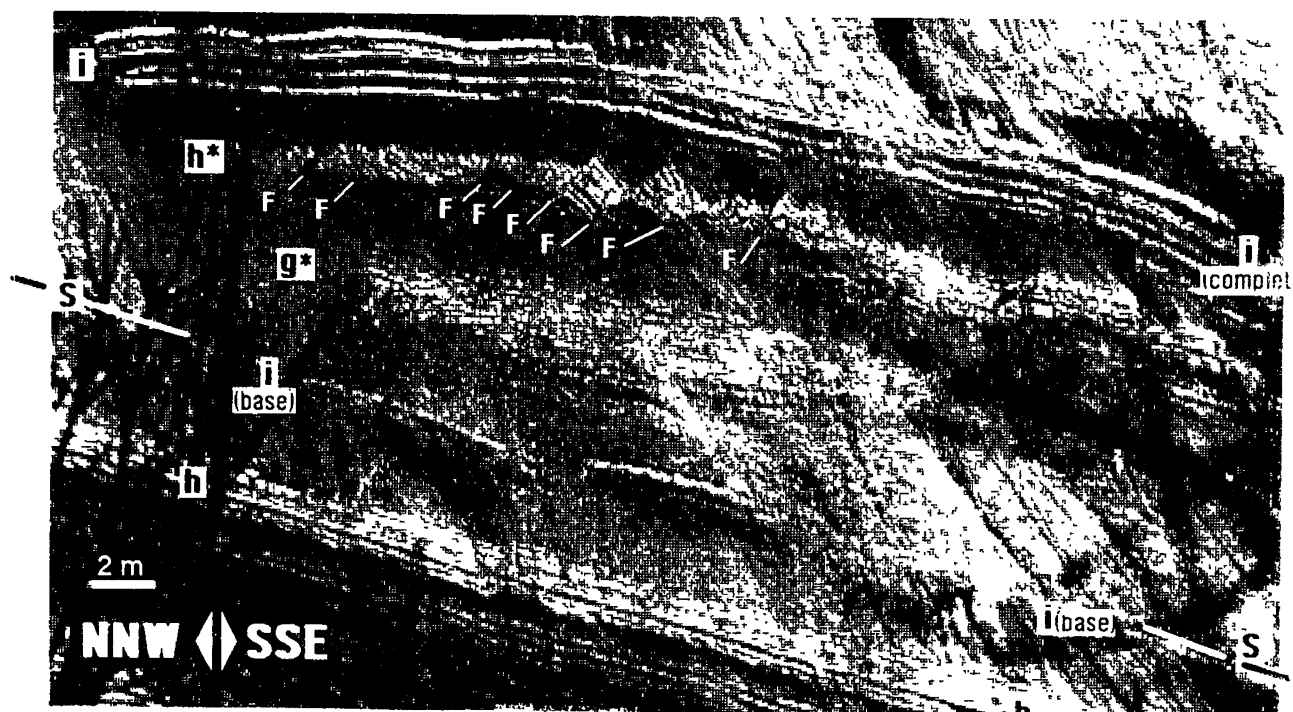


FIG. 7 Photo de détail des faisceaux biseautés "g\*" et "h\*", montrant la dissociation par étirement et par fracturation en micro blocs basculés du faisceau "h\*" Les tirets blancs tracés en dessous de ce faisceau indiquent les principales cassures limitant ces blocs.

FIG. 7. A detailed photographical view showing micro tilted blocks inside "h\*" level (faults are indicated by white lines below)

lettre en question désignant les faisceaux complets auxquels ils semblent devoir être attribués. Nous examinons seulement quatre d'entre eux, qui sont les plus importants et les mieux observables.

#### a) Les faisceaux "g\*" et "h\*"

Ils affleurent au bord sud du front de taille principal, 60 m au S de la faille F2 (Fig. 4 et Fig. 5), où ils sont surmontés par un faisceau "i\*". Or la "carte d'identité séquentielle" du triplet "g\*"- "h\*"- "i\*" est à quelques détails près celle du triplet "g"- "h"- "i", ce qui justifie les attributions proposées. Notamment le faisceau "j\*" présente dans sa partie supérieure quelques bancs supplémentaires par rapport à ceux que montre "i" plus bas dans la coupe, mais il se trouve qu'il existe en ces derniers points un niveau de décollement très visible au toit de ce faisceau. En fait c'est donc le terme "i\*" qui est l'expression complète du faisceau "i", ailleurs tronqué tectoniquement à son sommet.

Le faisceau biseauté "g\*" est lenticulaire : on le voit en effet, malgré la présence d'éboulis, s'effiler à ses deux extrémités. Le faisceau biseauté "h\*" est, quant à lui, sectionné vers le sud par la faille F1 (et se perd vers le SW, de l'autre côté de cette faille, du fait du rejet d'abaissement dû à cette dernière). Vers le nord il se termine par effilement, suivant un processus clairement analysable (Fig. 7) : il s'agit d'une fragmentation, en une série de blocs métriques en escalier. Les microfailles qui limitent ces blocs ont, comme celles du

premier groupe, un azimut N120-130°; elles passent apparemment vers le bas à une surface de désolidarisation assez complexe. Les blocs sont pivotés de 40° environ autour d'un axe subhorizontal par un cisaillement impliquant un mouvement de glissement du faisceau vers le sud-ouest par rapport à son substratum.

#### b) Les faisceaux "j\*" et "k\*"

Situés à l'ouest de F2, ils ont chacun une cinquantaine de mètres de long et sont séparés par une bande marneuse qui s'amincit elle-même vers le nord. Le plus bas ("j\*") s'effile vers le nord où il se termine, de la même façon que "g\*", par un escalier de failles délimitant des **blocs basculés métriques** (mais ici ces derniers sont pivotés vers le nord, ce qui tend à indiquer un glissement du faisceau dans ce sens par rapport à son substratum). Enfin on suit, dans son prolongement, sur plusieurs mètres, un **niveau décimétrique disloqué** à la faveur duquel les couches supérieures reposent à tour de rôle sur les inférieures ("S", Fig. 4). L'effilement de "k\*" du côté NE est aussi progressif mais n'est pas aussi bien analysable.

La "carte d'identité séquentielle" de ce doublet évoque de près celui du doublet "j"- "k" observé au sud de F1, surtout en ce qui concerne le faisceau supérieur "k" (d'ailleurs ce dernier est surmonté dans les deux cas par un fort niveau marneux suivi par un faisceau "m" supportant le premier faisceau du membre du Peul,

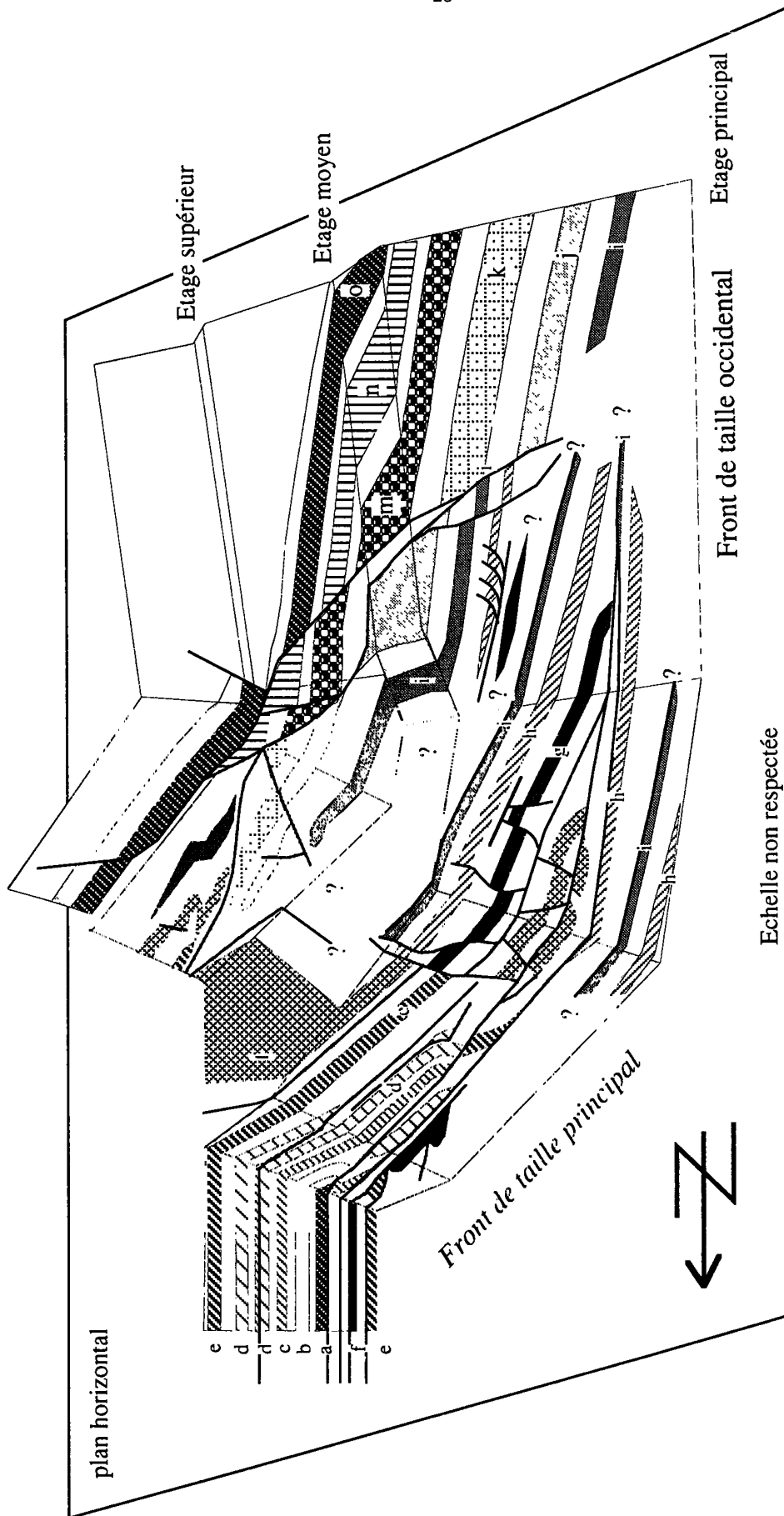
Blanc *et al.*, 1994

FIG. 8. Représentation perspective de la surface d'affleurement de la carrière de Sautaret.

Ce schéma interprétatif en trois dimensions, construit à l'échelle, replace dans leurs rapports spatiaux réels (débarassés des déformations perspectives) les différents faisceaux figurés ou décrits par ailleurs (mêmes symboles que dans les autres figures).

FIG. 8. Synthetic three dimensionnal schema of the nowadays geometric disposition of the different bodies recognised in the Chevalon quarry.



assez caractéristique parce qu'il est le seul à montrer une alternance de bancs calcaires d'épaisseur équivalente à celle des lits de marnes intercalaires).

En définitive tous ces faisceaux biseautés semblent donc représenter des faisceaux de bancs détachés par glissement sur des surfaces à peu près parallèles aux couches inférieures mais coupant à angle aigu les bancs du faisceau biseauté. La cause et le contexte de ce glissement sont évidemment plus spéculatifs et seront examinés plus loin.

### 3. - LA CONSTITUTION DE LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE ORIGINELLE

La reconnaissance, sur la base de leur carte d'identité séquentielle, de chacun des faisceaux marno-calcaire présents dans la carrière du Chevalon, a donc permis de reconstituer la succession stratigraphique du Berriasien inférieur représenté en cet endroit, en faisant la part des redoublements dus aux chevauchements et des glissements sur les niveaux de désolidarisation mis en évidence (fig. 9). Il en résulte que l'épaisseur réelle du membre de Sautaret est seulement de 50 mètres et non de 120 m, comme il avait été admis antérieurement.

D'autre part cela a aussi permis de reconsidérer l'attribution d'un petit nombre d'affleurement isolés, appartenant au membre de Sautaret et situés dans la zone boisée au nord-est de la carrière du même nom et de mettre ainsi en évidence des failles masquées, par les décalages verticaux qui séparent ces affleurements.

### 4. - SIGNIFICATION TECTOGENÉTIQUE DES DIVERS TYPES DE STRUCTURES

L'âge, le contexte et le régime de déformation ne sont pas également faciles à déterminer pour les différentes structures décrites ci-dessus.

**4.1. Les accidents à jeu principal compressif** (chevauchements et plis associés) sont des accidents qui s'intègrent dans le schéma général de la tectonique alpine compressive du massif, maintes fois exposé par ailleurs. Comme les plis, ou les décrochements de direction NE-SW (dextres) et ceux, beaucoup plus rares, de direction NW-SE (sénestres), ils s'accordent avec une direction de raccourcissement voisine de N110.

**4.2. L'origine des failles à composante extensive, orientées N80-90 et N110-130** est moins évidente. Elles constituent en effet, par leurs directions peu communes dans le massif et par leur abondance dans le secteur étudié, un *élément plus original*, peut être

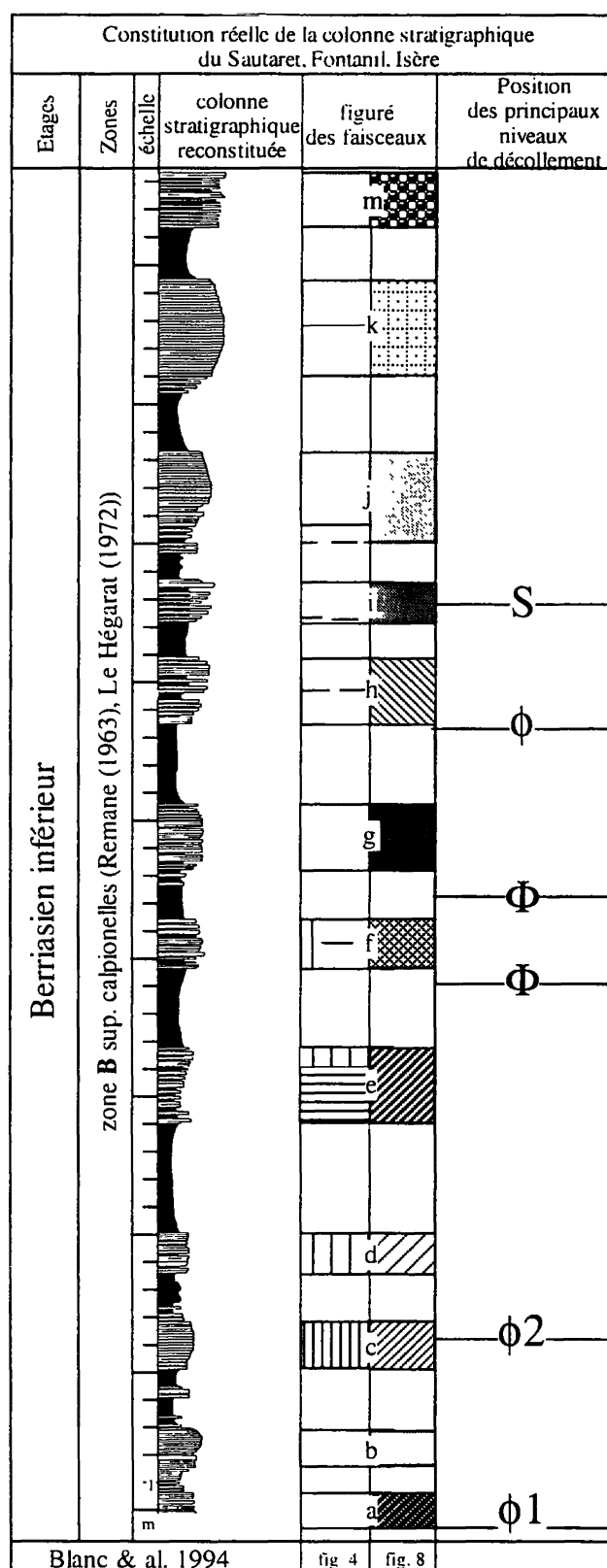


FIG. 9. - Colonne stratigraphique détaillée de la succession sédimentaire visible dans la carrière du Sautaret. Le dessin des bancs prend en compte la carte d'identité séquentielle des faisceaux repères (lettres a à l). On a indiqué par une flèche la position des différents niveaux de discontinuité tectoniques (comparer avec la Fig. 4 et la Fig. 5).

FIG. 9. *Synthetic stratigraphic log of the original sedimentary superposition based on each sedimentary body sequential identification. Positions of thrusts surfaces are pointed on the stratigraphic log.*

même nouveau, dans la connaissance tectonique de la Chartreuse. Deux interprétations sont possibles.

*4.2.1. L'hypothèse d'une origine liée aux chevauchements* : elle consiste à y voir surtout des décrochements associés aux niveaux de désolidarisation. A l'appui de cette hypothèse, on peut citer les cinq faits suivants.

- Les très forts pendages des failles N110-130 par rapport aux couches (50 à 80°), qui s'expriment aussi par le petit angle dièdre qui sépare les fractures conjuguées.

Le fait que le regard des failles N110-130 peut localement s'inverser (voir "g" et "h" au voisinage de F2) sans que les épontes des blocs soient déformés.

- Le fait que des failles, de même azimut N110-130, situées à l'aplomb les unes des autres soient de rejet opposé (voir "f" et "g" au voisinage de F2).

- On ne peut pas exclure que les failles sub-verticales se connectent aux surfaces de désolidarisation entre les faisceaux et qu'elles soient de petites rampes latérales de chevauchement tels que  $\Phi$ ,  $\varphi 1$ , et  $\varphi 2$ . Par exemple le grand compartiment chevauchant de  $\varphi 1$  (visible sur le front principal) est découpé par la faille F2 en un bloc NE qui montre les niveaux les plus anciens de la carrière (a à f) et en un bloc SW qui montre des faisceaux plus jeunes (f à i). Cette faille n'affecte pas les éléments chevauchés par cette écaille et se raccorde à la surface de chevauchement, de sorte qu'on peut en déduire, en sus d'un rejet vertical important, une composante de coulissement dextre.

- Les irrégularités des surfaces de failles N80-90 (variations de pendage, etc....) ne sont pas accompagnées par des déformations corrélatives (plis locaux etc...) des faisceaux marneux ou calcaires qu'elles découpent. Ces irrégularités de surface pourraient donc être originelles, conduisant à considérer que leur jeu comportait en fait une forte composante de décrochement (mais celle-ci n'a pu être évaluée avec plus de précision) et que leur fonctionnement n'est pas synsédimentaire mais subcontemporain des chevauchements.

Dans cette hypothèse, les failles N110-130 seraient donc connectées aux niveaux de décollement au titre de petites rampes latérales orientées à peu près parallèlement au déplacement du chevauchement (N290); Les failles orientées à N80-90 (dextres) correspondraient à des failles de Riedel conjuguées avec les accidents senestres N160 du Fontanil (voir plus loin) et connectées avec elles par des niveaux de désolidarisation subhorizontaux.

*4.2.2. Hypothèse de l'extension synsédimentaire.* Celle-ci est fortement suggérée par diverses caractéristiques remarquables de ces failles :

- Leurs rapports d'intersection avec les surfaces de chevauchements, qui semblent plutôt montrer

qu'elles sont antérieures à ces dernières.

- Leur rejet stratigraphique, de type normal, et leur répartition en deux familles conjuguées sécantes selon un axe à faible inclinaison, qui indiquent une évidente composante d'extension NE-SW. L'orientation de celle-ci paraît tout à fait incompatible avec une contemporanéité avec des déformations en régime de compression WNW-ESE, comme le sont les chevauchements alpins.

- L'indépendance des déformations d'une tranche stratigraphique à l'autre, qui suggère une succession de distensions affectant individuellement les paquets de faisceaux, et non toute la pile des couches.

- Le fait qu'en certains points, comme par exemple dans le faisceau "j\*" au milieu du front principal, les blocs limités par un couple de failles conjuguées (ici affaissé en graben) paraissent plus épais que ce qui reste du faisceau de part et d'autre, selon une géométrie comparable à celle induite par les failles synsédimentaires dites "de progression".

### 4.3. les faisceaux biseautés

Les deux hypothèses émises ci-dessus sont, également, a priori envisageables, pour expliquer tant leur tronçature oblique que leur débitage en blocs.

*a)* On peut envisager, là encore, de mettre ces phénomènes sur le compte d'un processus d'**entraînement** par suite d'un déplacement chevauchant de la tranche sus-jacente; la fragmentation des faisceaux par des failles d'azimut N120-130 est cohérente avec la direction de raccourcissement locale (N290) en tant que failles de "relai" (= failles de Tchalenko-Skempton) dans le système des failles du Fontanil. La rotation des blocs basculés pourrait être liée à l'évolution de l'angle qui sépare les surfaces de failles et les contraintes de déformation pendant le déplacement des différents compartiments chevauchants.

*b)* dans la seconde hypothèse, le glissement des faisceaux serait un **collapse**, donc dû à la seule gravité, et le débitage du faisceau en petits blocs correspondrait au jeu en dominos classiquement induit par le cisaillement à sa base de la tranche glissée : à l'appui de cette manière de voir vient d'abord le fait que l'image donnée par le débitage en petits blocs de ces faisceaux est extrêmement analogue à celle des "blocs basculés" produits par extension gravitaire aux différentes échelles. En outre le fait que ces faisceaux soient fragmentés par une extension dont les cassures n'affectent pas les bancs surincombants s'accorde bien avec l'idée d'un cachetage par le dépôt ultérieur de ces derniers.

D'autre part cette hypothèse rend compte des différences de succession observées de part et d'autre

des failles subverticales majeures, si l'on considère que le jeu même de ces failles a pu être à l'origine de ces glissements de tranches sédimentaires. Par exemple aucun équivalent du doublet "g" + "h" n'a été retrouvé au nord-est de F2 : on peut donc envisager favorablement l'hypothèse que "g\*" et "h\*" représentent leurs prolongements originels, glissés dans le compartiment sud-ouest, abaissé, de F2. Dans cette optique le redoublement de succession lié à la présence de ces faisceaux biseautés correspondraient donc à une véritable resédimentation de ceux-ci.

Si ces faisceaux biseautés apparaissent ainsi comme de possibles témoins d'une tectonique extensive berriasienne ils tendent alors à indiquer que *celle-ci relevait plus d'un collapse sur les fonds sous-marins que d'une véritable extension tectonique aux dépens de leur soubassement*. Il faut alors remarquer que la direction (SW-NE) des glissements, qu'indique la disposition des cassures (et plus précisément le sens de glissement vers le SW impliqué par le débitage du faisceau "h"), n'est pas très cohérente avec nos connaissances sur les paléopentes sédimentaires berriasiennes puisque ces dernières semblent avoir eu ici plutôt une inclinaison vers le sud-est ; mais en ce domaine il faut de toutes façons faire la part de la possibilité d'une topographie complexe de la pente sous-marine. Ajoutons que si la situation du secteur étudié, sur le talus jurassien, laissait présumer de la présence de structures de ce type, ce serait la première fois que leur existence y serait observée.

## 5. - PLACE DES STRUCTURES OBSERVÉES DANS LEUR CONTEXTE LOCAL

Les nouvelles observations présentées jettent quelques éclairages nouveaux sur quelques aspects de la géologie structurale de ce secteur de la Chartreuse.

### 5.1. Prolongements du chevauchement de Sautaret

En direction du nord-est, en dépit d'un court hiatus d'observation par plaquage morainique au nord de la carrière, le chevauchement de Sautaret ( $\Phi$ ) se prolonge certainement, compte tenu de sa géométrie, par la faille qui franchit la crête tithonique entre le couvent et l'aiguille de Chalais (et se connecte plus au nord sur la faille de Voreppe) (Fig. 1). D'ailleurs des affleurements nouvellement dégagés, à mi-pente du versant sud de l'aiguille de Chalais, montrent bien que le tithonique y chevauche le Berriasien par un plan de cassure d'azimut N50 et de pendage 45° SE (donc voisin de celui de  $\Phi$ ).

En direction du sud il se perd sous le Quaternaire avant d'atteindre la plaine de l'Isère mais son orientation doit le conduire à se prolonger, en rive gauche de l'Isère, dans le secteur de Noyarey. Or les

couches du Berriasien montrent précisément là une inflexion antiforme qui figurerait assez bien un pli de rampe frontal et qui est d'allure remarquablement similaire à celles qui se développent dans les mêmes niveaux à l'aplomb des imbrications du Tithonique de rive gauche du Guiers Mort.

### 5.2. Signification du chevauchement de Sautaret

L'attitude du plan de chevauchement de cet accident est très similaire à celle du plan de la faille de Voreppe, également assez redressé (pendage voisin de 45°) et d'un azimut NE-SW. D'autre part il partage aussi avec la faille de Voreppe l'obliquité, vers le sud, de son mouvement (orienté selon la direction N110) par rapport à la ligne de plus grande pente de sa surface de rupture (orientée N140°E).

Le chevauchement de Sautaret apparaît donc plutôt comme un accident satellite de cette cassure majeure. Il appartient en fait à une famille d'imbrications à laquelle se rattachent aussi celles qui s'observent au sein du tithonique, sur la rive gauche de l'Isère dans les pentes de la Cuche (Gidon et Arnaud, 1978) ou celles de la rive gauche du Guiers Mort au niveau des carrières de l'Oursière (Bravard, 1968).

On peut s'interroger pour savoir si l'obliquité du déplacement de cette famille d'accidents correspond à une caractéristique originelle, c'est-à-dire à un jeu comportant *une composante de décrochement dextre* ou si elle résulte de déformations posthumes (par exemple un basculement tardif autour d'un axe NE - SW). Concernant la faille de Voreppe, la première hypothèse paraît la plus plausible, d'une part parce que cet accident est certainement l'un des derniers à avoir fonctionné en Chartreuse, d'autre part parce que l'on y observe les traces d'un véritable jeu décrochant qui traduit vraisemblablement l'absorption par cet accident de la composante de coulissement dextre des décrochements chartreux qui viennent s'y brancher dans la région de Saint-Laurent-du-Pont.

### 5.3. Rapports entre les accidents de Sautaret et les failles méridiennes du Fontanil

Les cassures qui affectent la barre des calcaires du Fontanil dans le versant compris entre Le Chevalon, Le Fontanil et Mont-Saint-Martin (quartier des Oullières), sont connues de longue date. Leurs plans de cassure, très proches de la verticale en surface, s'observent le long de la route de Mont-Saint-Martin. Orientées N160 à N170 et N130 à N145, elles ont un rejet décimétrique à hectométrique d'abaissement des compartiments ouest. Ce rejet est localement marqué par une disposition en "roll-over" de la falaise repère du Berriasien supérieur. Leur importance, qui avait été

sous-estimée, a été récemment soulignée par le déchiffrement stratigraphique (Blanc *et al.*, 1993).

a) - La deuxième édition de la carte géologique (Gidon et Arnaud, 1978) raccordait hypothétiquement la faille principale (que nous appellerons faille "du Cuchet" car elle suit la dépression de ce nom), à la faille des pentes de Chalais (prolongement du chevauchement de Sautaret) : nous avons vu que ce prolongement direct ne peut être envisagé car il est en désaccord avec la géométrie, maintenant mieux connue, de l'un et de l'autre de ces accidents.

b) - Ces failles ne peuvent pas se prolonger simplement par les failles subverticales de la carrière car leur orientation est très nettement plus méridienne.

c) - Compte tenu de leur géométrie, les failles du Fontanil devraient se poursuivre vers le nord et y rencontrer le plan de chevauchement de Sautaret. Or rien de semblable n'est perceptible et l'on peut de plus affirmer qu'au-delà du passage (masqué) de cet accident elles n'atteignent pas le tithonique des pentes de l'aiguille de Chalais. Pourtant la cartographie semble montrer le décalage des faisceaux repères du Berriasien par la faille principale "du Cuchet", jusque assez bas dans le versant, de sorte que cette faille devrait pratiquement passer sous le plaquage morainique qui s'étend juste au nord de la carrière.

Ces données un peu contradictoires ne peuvent pas être mieux éclaircies en raison du couvert végétal. Elles ne semblent guère pouvoir être conciliées, en définitive, qu'en admettant :

- soit que les failles du Fontanil sont antérieures au chevauchement de Sautaret et recoupées par lui ;
- soit qu'elles en sont subcontemporaines et s'y connectent (par exemple en tant que rampes latérales) et que leur jeu normal est tardif.

Quoi qu'il en soit, on peut remarquer au passage,

que l'accroissement vers le sud du rejet de la faille du Cuchet (rejet qui atteint une importance hectométrique au pied de l'extrémité nord de la falaise de Rivoire) n'est sans doute qu'apparent et dû à des phénomènes de tassement quaternaires. Cette interprétation est appuyée par des indices morphologiques, notamment la présence d'un vallon sec en forme de crevasse à demi comblée d'éboulis le long du tracé de la faille, au nord du passage de la route de Mont-Saint-Martin : il s'agit là, en fait là de la limite supérieure d'un escalier de paquets tassés qui sont bien visibles dans les pentes des Oullières, entre le rebord des falaises de Chapelière (Le Fontanil) et le promontoire du Peuil (ce dispositif de glissements fait d'ailleurs actuellement l'objet d'une étude au laboratoire de Géodynamique de Chambéry par X. Darmendrail).

## 6. - CONCLUSIONS

L'analyse des données décrites ci-dessus conduit tout d'abord à montrer que la colonne stratigraphique détaillée des niveaux du Berriasien inférieur, telle qu'elle avait été précédemment proposée, péchait par la sous-évaluation du rôle des accidents tectoniques dans la coupe type utilisée.

Sur le plan tectonique l'intrication des structures de types variés qui interfèrent dans la carrière de Sautaret peut s'interpréter de deux façons différentes : il peut s'agir soit d'une multiplicité de structurations secondaires induites par la tectonique alpine de chevauchement d'est en ouest et par des tassements quaternaires, soit de la superposition de cette structuration compressive alpine à une structuration antérieure, d'extension synsédimentaire berriasienne par collapsés sur les fonds sous-marins.

## Références

- ARNAUD H., GIDON M. & THIEULOUY J.P. (1981). - Les calcaires du Fontanil des environs de Grenoble : leur place dans la stratigraphie du Néocomien entre le Jura et le domaine vocontien. *Eclogae géol. Helv.*, **74/1**, 109-137.
- BLANC E., ARNAUD-VANNEAU A., ARNAUD H., BULOT L., GIDON, M. & THIEULOUY J.P. & REMANE, J. (1993). - Les couches de passage du Berriasien au Valanginien dans le secteur du Fontanil (Isère, France). *Géologie alpine*, **68**, 3-12.
- BRAVARD C. (1968). - Étude géologique de la région de Saint-Laurant-du-Pont et de la Grande-Sure. D.E.S. Grenoble, inédit, 56 p., 8 pl.
- GIDON M. (1982). - La reprise de failles anciennes par une tectonique compressive : sa mise en évidence et son rôle dans les chaînes subalpines des Alpes occidentales. *Géologie alpine*, **58**, 53-68.
- GIDON M. (1989). - La rupture des charnières anticlinales par cisaillement dans les flancs longs des plis : un mode méconnu de formation des chevauchements, observable dans les chaînes subalpines des Alpes occidentales françaises. *Géologie alpine*, **65**, 65-74.
- GIDON M. & ARNAUD H. (1978). - Carte géologique détaillée de la France au 1/50.000°, feuille GRENOBLE, 2° Édition. B.R.G.M., Orléans, une carte avec notice explicative de 32 p. & 4 planches hors-texte.
- LE HÉGARAT G. (1972). - Le Berriasien du Sud-Est de la France. *Docum. Lab. Fac. Sci. Lyon*, **43/1**.