

Les chaînons subalpins au nord-est de Sisteron et l'histoire tectonique de la nappe de Digne

par Maurice GIDON*

RÉSUMÉ. — Les rapports complexes entre la nappe de Digne et son avant-pays sont examinés dans leur ensemble et analysés de plus près au nord-est de Sisteron. L'indentation cartographique du front de la nappe dans ce secteur (redent de Turriers) résulte du jeu de failles de coulissement qui délimitent une zone de poinçonnement horizontal associé à du sous-charriage. On montre que la cause de cette particularité et de la plupart de ses autres complexités réside dans un découpage initial en zigzag du front de la nappe par la tectonique antérieure au charriage.

La nappe s'enracine probablement dans un accident de socle à peu près N-S, dû à l'extension jurassique, qui a créé le bassin (hémi-graben) du Lias de la nappe (atteignant près de 2000 m d'épaisseur). Il se compliquait d'une cassure secondaire, NE-SW, le Linéament de Clamensane, génératrice de séries liasiques particulièrement réduites. Au début du Tertiaire l'emplacement de l'accident crustal N-S a été le lieu d'un soulèvement et d'une érosion (front nummulitique, limitant le domaine des Molasses Rouges de celui du Priabonien marin). Cela s'est accompagné d'un coulissement extensif, créant dans la couverture post-triasique une déchirure en pull-apart, jalonnée d'un chapelet de diapirs. Les chevauchements, apparus à l'Oligocène, ont principalement affecté le prisme sédimentaire qui garnissait la lèvre occidentale de cette cassure du socle. Ils débütent par le collapse vers l'ouest des Écailles de Faucon, qui a été déclenché par la réactivation en décrochement du Linéament de Clamensane (failles de Turriers et de Vermeil). C'est plus tard, au Miocène, que la déchirure diapirique s'est transformée en chevauchement de la nappe de Digne.

Du début à la fin de ces étapes la direction de raccourcissement est restée orientée N20 à N30. Or la cassure profonde, sur laquelle s'enracine la nappe est loin d'être perpendiculaire à cette direction. Il en est résulté diverses déformations en transpression (décro-chevauchement). Ceci se manifeste principalement, de part et d'autre de la marge de la nappe, par la formation de plis N170, dus au débordement de la nappe sur sa rampe latérale et au cisaillement dextre corrélatif. Ces plis sont néanmoins contemporains des plis N110 à N130, dus plus directement au serrage, avec lesquels ils se connectent en continu. Lors du charriage le corps de la nappe a subi en outre une déformation qui s'exprime par une torsion transversale selon trois bandes de cisaillement dextre. La position de celles-ci résulte du poinçonnement du front de la nappe par les indentations de la marge orientale de son autochtone relatif, principalement le redent de Turriers et l'angle nord-est du bassin néogène de Valensole. Le résultat le plus visible est la surrection du Dôme de Remollon. Dans ces bandes les saillants du front de la nappe ont à leur tour poinçonné vers l'ouest la marge de son autochtone relatif : ceci est à l'origine de diverses structures locales témoignant d'un serrage presque E-W et plus particulièrement du système de cassures des environs occidentaux de Bayons, qui héberge le diapir de la montagne du Cerveau originaire de la frontière du domaine de la nappe et transporté par le charriage.

La flèche actuelle de la nappe croît du nord vers le sud, jusqu'à Digne, à la fois du fait de ces cisaillements dextres et par le jeu d'une rotation de 30° dans le sens horaire, autour du centre du Dôme de Remollon. Cette rotation a ouvert, du côté nord de ce dôme, le graben de la vallée de l'Avance, qui se prolonge par le « hiatus sud-pelvousien », dans lequel se sont effondrés, plus au nord-est, les chaînons de la bordure sud-est du massif du Pelvoux.

MOTS CLÉS. — Chevauchement, pull-apart, diapirisme, poinçonnement horizontal, collapse synsédimentaire, Tertiaire.

* Rue des Edelweiss, 38500 Voiron

The subalpine ranges at the NE of Sisteron and the tectonic history of the Digne thrust

ABSTRACT. — The Digne thrust, a major structural feature of the Southern French Subalpine Ranges, exhibits, especially inside the area comprised between Gap and Sisteron, several peculiarities which are analysed in this paper. The most amazing of these is that the leading edge of the thrust is divided into two, through lateral faults, on both sides of a north-eastward facing salient of its autochthonous fore-land, the so-called “Redent de Turriers”, acting as an indenter. More, eastward from this indenter a tongue-shaped part of the leading edge of the thrust sheet plunges southward, under the cover series of its fore-land, by underthrusting. It is shown that most of these peculiarities are due to the fact that the leading edge of the thrust had initially a zig-zag drawing, as a result of its paleotectonic origin.

The root of the thrust sheet is probably a NS trending fault of the crystalline basement. It formerly acted as extensive fault, allowing the liasic and middle Jurassic series to exceed the thickness of 2000 m over its north-eastern hanging-wall, whereas they reach only some hundred meters at the top of its western edge. Yet it is along a secondary and more eastward trending fault, the “Linéament de Clamensane”, branched on its western side, that are observed the tracks of paleo-tectonic activity and that the series deposited during the Liassic times were the most reduced : this fault scarp will be later the tool which split the leading edge of the thrust. At the beginning of the Tertiary the main NS crustal fault underwent a doming (as a result of isostatic compensation ?) and a correlative erosion of its cover, creating the “front nummulitique” which separates the western Red Molasses continental basin from the eastern marine domain. It was combined with the tearing of the cover by a pull-apart system which was marked by a string of uprising diapirs.

Overthrusting began at the expense of the western edge of the ancient half-graben. The first overthrusts occurred, at the end of the Oligocene, by collapse of the upraised zone of the “front nummulitique”, sending out olistolites in the surrounding of Esparron and creating the so-called “écailles de Faucon”. These slid on the western side of the Linéament de Clamensane, as a result of a strike slip faulting which reworked that accident and created the Turriers and Vermeil N-S faults. Only later, during Miocene, the pull-apart fault system was converted into the “nappe de Digne” thrust.

All along these times the shortening trend still remained N30, which is very far from being perpendicular to the strike of the crustal fault whose motion caused the thrust. This lateral slip created on its margins N170 folds, which are due both to the climbing of the thrust sheet over its ramp and to its right lateral shear. These folds are not younger but synchronous of the other, N110 to N130 folds, more directly due to shortening, with which they are connected, without any crossing over nor discontinuity.

While it moved the thrust sheet was also distorted by three shear zones trending NE-SW. Their position is determined by some salients of the eastern margin of the fore-land which acted as indenters, the two principal being the salient of Turriers and the north-eastern corner of the neogene Valensole basin. The main result of this is the uplift of the “Dôme de Remollon” above the northern extremity of the salient of Turriers. In return the salients of the leading edge of the thrust pushed westward the eastern edge of their fore-land. Such is the origin of the klippe of the Cerveau mountain, which was formerly a Triassic diapir located at the frontier between the Digne thrust sheet and the “écaille de Valavoire”.

The amplitude of overthrusting expands from the north to the south unto Digne. This results both from the dextral shear of the thrust sheet and from a clockwise rotation which centre is situated inside the Remollon’s Dome. This rotation of the eastern limb of this large anticline reaches 30°. It was cause of the aperture of the triangular “Avance graben”, inside which the south-eastern ranges of the Pelvoux massif broke down after the internal thrusts occurred.

KEY WORDS. — Thrust, Pull-apart, diapirism, horizontal indentation, synsedimentary collapse, Tertiary.

1. - INTRODUCTION

La présente note est un essai de synthèse sur la structure des chaînes subalpines méridionales situées en rive est de la Durance, au nord de Sisteron (Baronnies orientales). Elle examine avec un recul critique les données publiées au cours des trois dernières décennies, notamment à la lumière de celles récemment acquises plus au sud, sur la transversale de Digne [Gidon et Pairis, 1992], et les complète par diverses observations inédites.

Elle propose enfin plusieurs schémas nouveaux pour coordonner ces données, ce qui conduit à une interprétation globale de l'ensemble des chaînes subalpines méridionales qui retouche et affine celle antérieurement proposée [Gidon et Pairis, 1986a].

1.1. Cadre structural

Les montagnes situées au sud-est du cours de la Durance, entre Sisteron et Remollon, autour des localités principales de Turriers, Bayons, La-Motte-du-Caire et Clamensane, constituent un secteur mal individualisé au

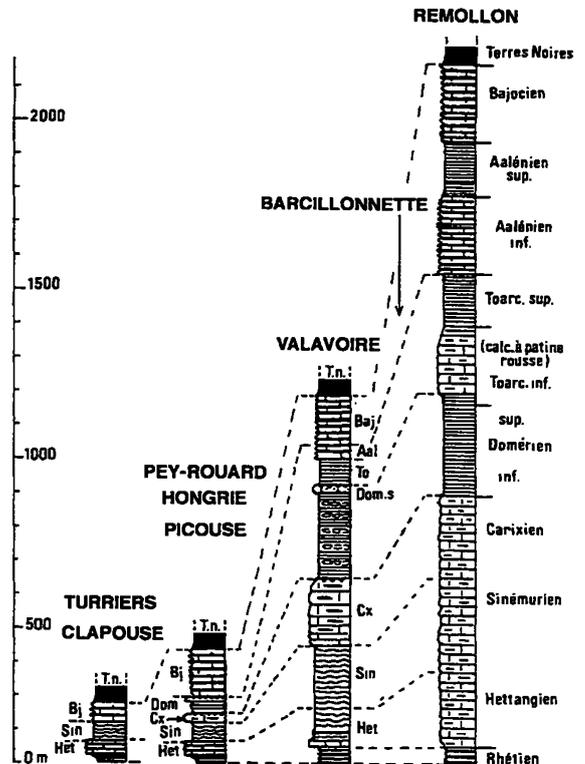


Fig. 2. - Colonnes stratigraphiques comparées.

Elles sont rangées dans le seul ordre de leurs épaisseurs, ce qui est sans rapport avec leur localisation géographique.

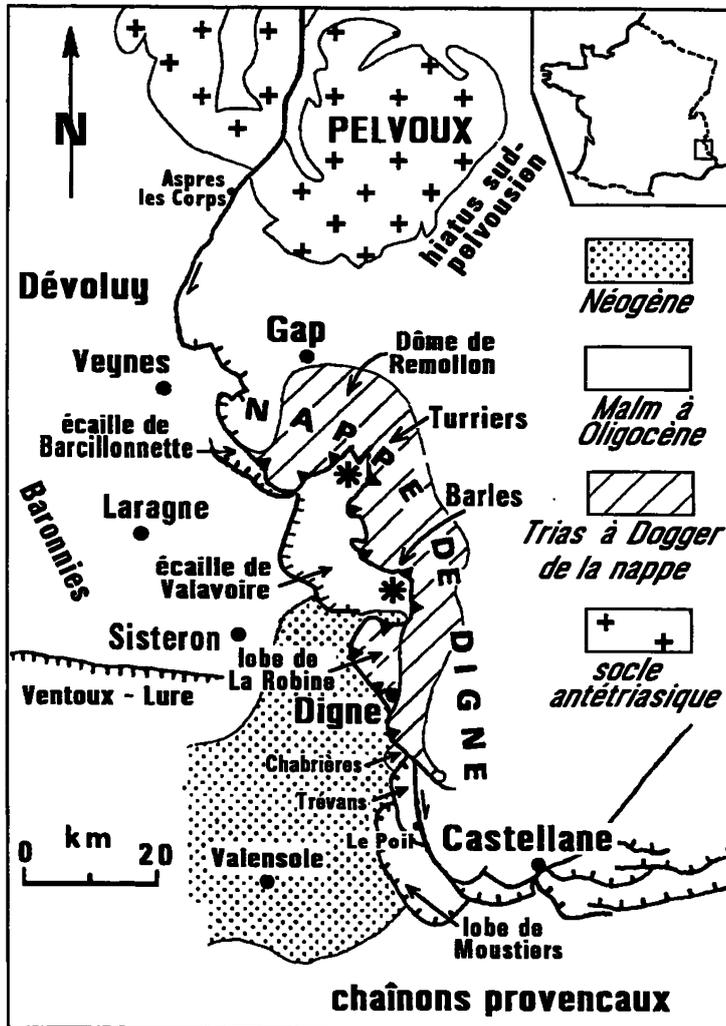


FIG. 1. - Carte de situation, montrant la place des Baronnies orientales (alentours de Turriers) et de la nappe de Digne dans le cadre des chaînes subalpines méridionales.

plan géographique, mais souvent désigné du nom de Baronnies orientales. En effet elles prolongent vers l'est, au-delà de la vallée de la Durance, les Baronnies proprement dites, dont elles ne sont séparées que par la dépression anticlinoriale des Terres Noires de Laragne (fig. 1). Ce secteur est couvert par les cartes géologiques à 1/50 000 Laragne [Gidon et al., 1991] et Seyne [Rousset et al. 1983] (la seconde de ces cartes en donne d'ailleurs une représentation souvent discordante avec les données exposées ci-après). S'il se rattache effectivement aux Baronnies plus occidentales du point de vue géologique, il se singularise cependant, sous l'angle structural, par son rôle de charnière entre les secteurs qui lui sont adjacents :

- dans le sens ouest-est on y passe d'une structuration dominée par des plis d'axes est-ouest, d'assez courte longueur d'onde, qui règne dans le Diois et les Baronnies occidentales (entre le sud du Vercors et le chaînon Ventoux - Lure), à un dispositif où prédominent des plis plus méridiens, de plus grande longueur d'onde, qui courent du Dévoluy à l'arc de Castellane. L'affrontement entre ces deux régimes tectoniques coïncide approximativement avec les abords du tracé septentrional du chevauchement de la nappe de Digne.

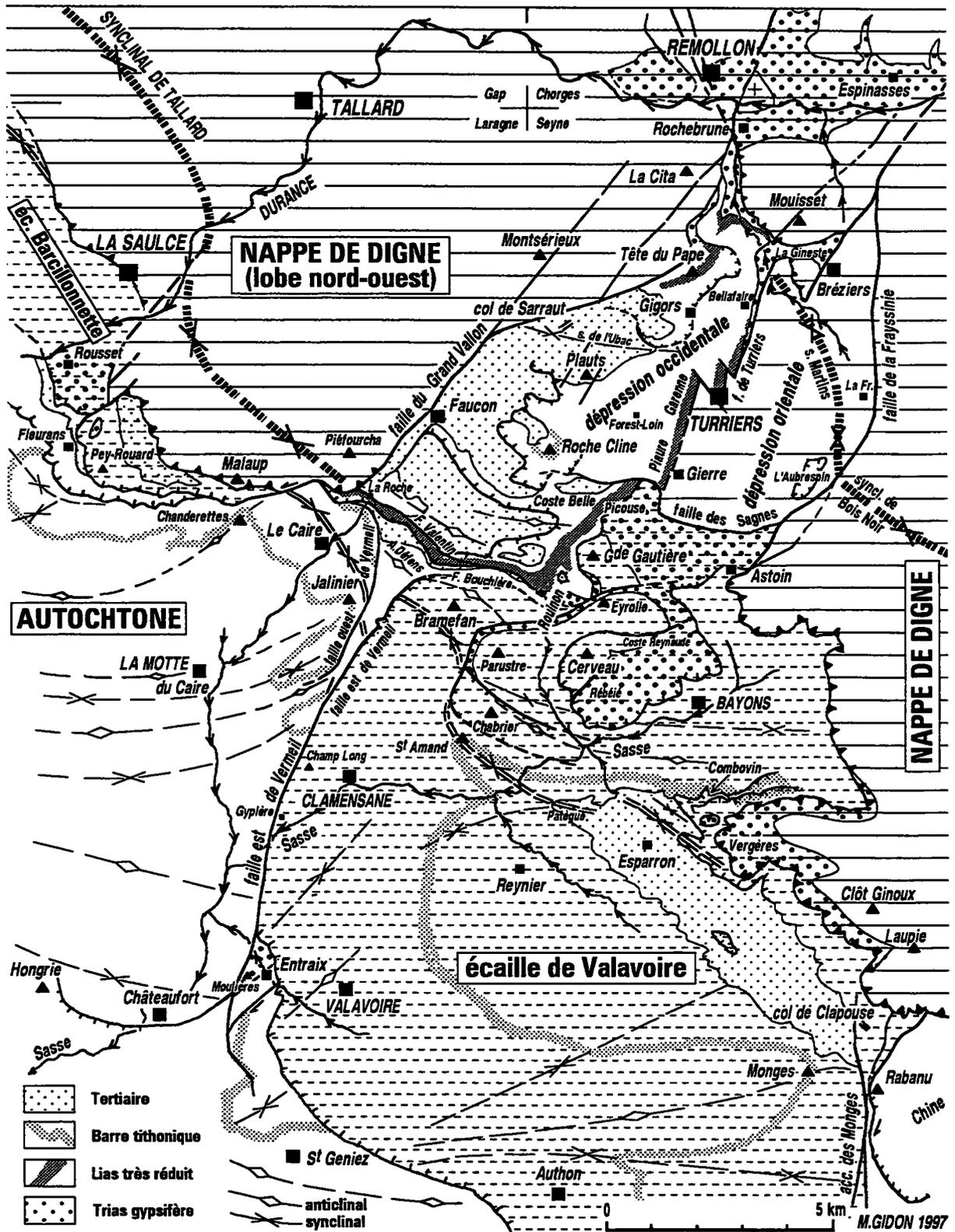


FIG.3. – Carte structurale des Baronnies orientales.

Les unités tectoniques principales sont distinguées par plusieurs figurés, l'autochtone (au sens large) étant laissé en blanc. Le figuré de la dépression orientale de Turriers (hachures horizontales espacées) évoque son appartenance à la nappe tout en l'en distinguant. On a attribué le même figuré à l'écaille de Barcillonnette qu'à celle de Valavoire pour souligner l'analogie de leur situation structurale, sous la nappe de Digne, mais cela ne veut pas dire qu'il s'agisse à proprement parler de la même entité tectonique.

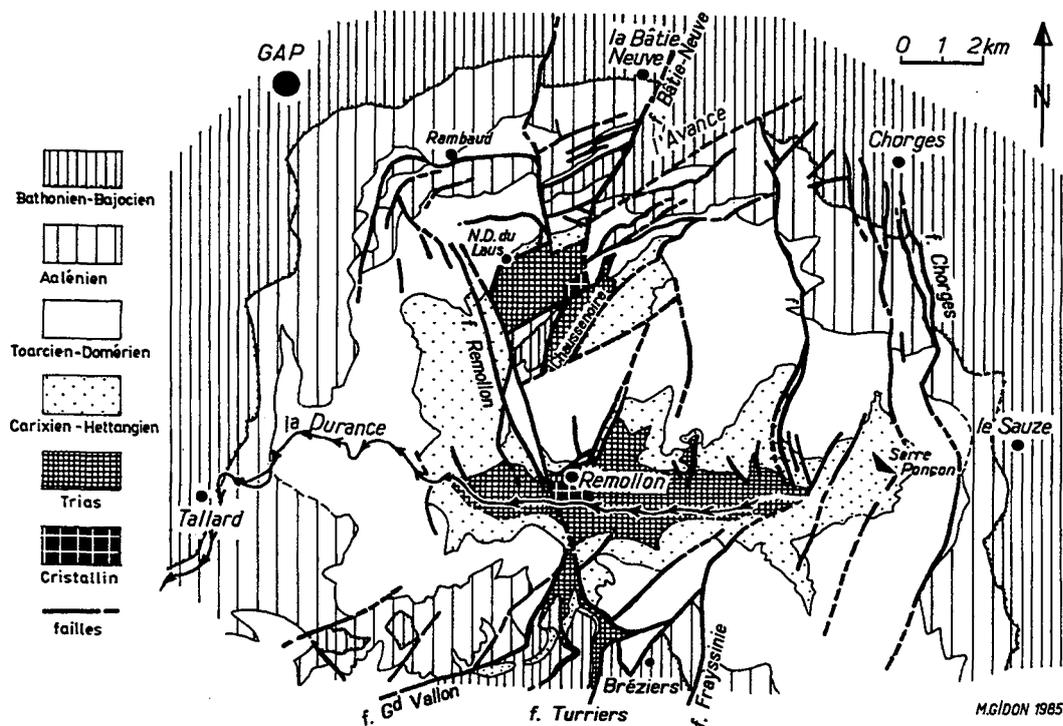
On a distingué par des figurés particuliers deux synclinaux majeurs, actuellement débités en tronçons par le jeu des failles et chevauchements et qui sont finalement des repères pour apprécier les déplacements relatifs des unités tectoniques. Ce sont : a) dans la

FIG. 4. - Carte du Dôme de Remollon.

Cette carte, extraite de Gidon, 1985 et à peine retouchée, complète vers le nord celle de la figure 3.

La torsion, dans le sens horaire, des failles du secteur oriental du dôme, à la latitude de Serre Ponçon, conduit à apparenter la faille de la Frayssinie à celles du faisceau de Chorges.

La faille de Remollon (en réalité constituée de deux cassures parallèles) connecte d'autre part la faille du Grand vallon aux diapirs du Laus, et, par leur intermédiaire, au graben de l'Avance.



- dans le sens sud-nord on y observe une transition entre le chevauchement franc de la nappe de Digne, tel qu'on l'observe dans la vallée du Bès (Barles), et le dispositif de plis entrecroisés du Bochaîne méridional. Ceci n'a pas lieu sans complexités structurales originales, intéressantes mais parfois difficiles à interpréter.

1.2. Schéma structural élémentaire

Les Baronnies orientales sont partagées entre deux ensembles tectoniques majeurs, la nappe de Digne et l'autochtone *sensu stricto*. Entre les deux s'intercalent deux autres unités, le redent de Turriers, au nord, et l'écaïlle de Valavoire, au sud. Chacun de ces quatre éléments possède ses propres caractéristiques tant stratigraphiques que tectoniques (fig. 2 et 3) :

- **La nappe de Digne** est délimitée du côté ouest par un front d'érosion qui est le plus souvent frangé de Trias supérieur, cargneulique ou gypsifère. Elle se caractérise par sa série épaisse au Lias et au Jurassique moyen (plus de 2000 mètres à Remollon) [Petiteville et Rivoirard, 1959 ; Gidon, 1975]. Mais il faut aussi lui rapporter toute la succession quasi monoclinale du Gapençais, Nummulitique inclus, qui s'étend jusqu'au

front des nappes internes de l'Embrunais et de l'Ubaye et constitue leur autochtone relatif. Cette dalle rocheuse est donc épaisse au total de plus de 5000 mètres.

Sa partie septentrionale dessine une vaste coupole, ouverte du côté sud, le « Dôme de Remollon » (fig. 4). Les caprices du découpage de son front d'érosion actuel ont conduit à distinguer dans la partie avancée de la nappe plusieurs « lobes » saillants, qui ont eu en fait une certaine individualité de comportement tectonique. C'est le cas pour le « lobe nord-ouest » qui s'étend au nord-ouest du redent autochtone de Turriers. Il en va de même, au sud de Barles, pour le « lobe de la Robine », séparé du corps principal de la nappe (ou « lobe de Cousson ») par la Faille du Bès [Gidon et Pairs, 1988] (fig. 1 et 5).

- **L'autochtone sensu stricto**, qui affleure à l'ouest d'une ligne Saint-Geniez - Le Caire, se rattache à l'anticlinorium de Laragne. À ce titre il ne montre, du côté ouest, que du Jurassique moyen très marneux et, dans quelques coeurs anticlinaux (montagne de Hongrie), du Lias peu épais et lacuneux, très comparable à celui de l'autochtone plus méridional de la région de Barles.

À sa marge nord-est le Tithonique et le Crétacé inférieur sont conservés dans les synclinaux. La succession y est débitée en « écaïlles » imbriquées par des chevauchements qui prennent une ampleur accrue du nord-ouest vers le sud-est. La plus occidentale, celle de **Fleurans** a

nappe, le synclinal de Tallard (tirets gras), qui se poursuit vers le sud-est par ceux des Martins et du Bois Noir ; b) dans l'écaïlle de Valavoire, le synclinal d'Esparron (double trait) et du Saint-Amand, ainsi que son prolongement vraisemblable vers le nord-ouest, le synclinal du Caire, qui est, comme lui, le pli le plus oriental qui ait conservé un coeur de Crétacé inférieur à la suite de l'érosion anté-oligocène (à cet égard son homologue au nord de la Durance serait le synclinal de Montmaur, qui constitue, à la Petite Céüse, la marge orientale de l'écaïlle de Barcillonnette : ce point commun renforce les analogies entre l'écaïlle de Barcillonnette et l'écaïlle de Valavoire).

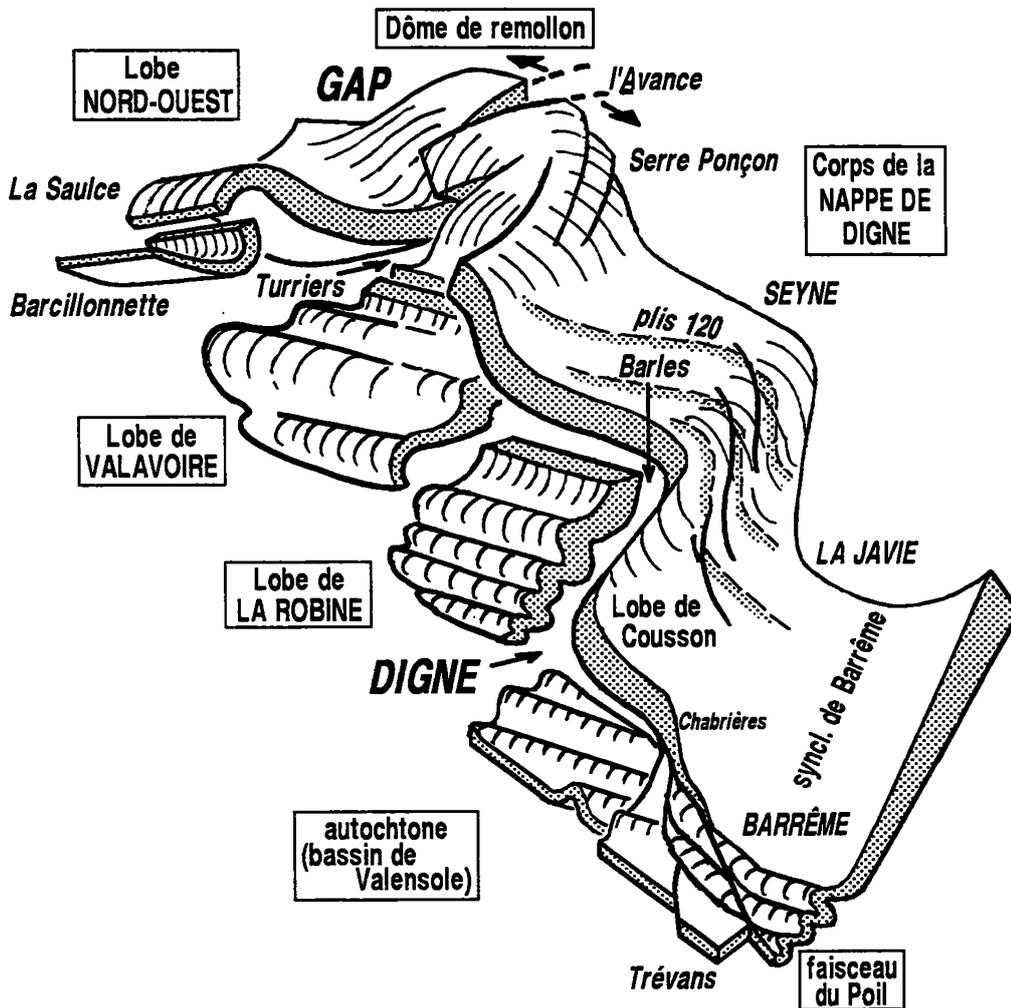


FIG. 5. - Bloc tectono-gramme très schématique de l'ensemble de la dalle liasique entre Gap et Digne

La vue est orientée du sud vers le nord.

Remarquer l'analogie de situation, par rapport au corps principal de la nappe, des différents lobes chevauchants situés en avant de la nappe. Le décalage dextre des fronts de ces lobes, les uns vis-à-vis des autres, est mis en évidence par le repère que constitue l'amincissement du Lias en direction de l'ouest - sud-ouest. Seuls les deux lobes extrêmes (lobe NW et lobe de Cousson) sont solidaires du corps de la nappe ; les lobes intermédiaires (de Valavoire et de La Robine) en sont désolidarisés.

On voit que le découpage de ces lobes est en rapport avec les inflexions cisailantes qui affectent le corps de la nappe, mais les accidents de l'autochtone avec lesquels il est aussi en relation (faille de Turriers, faille des Monges et faille du Bès) n'ont pas été figurés ici (voir la fig. 16).

une flèche modeste, puisque le soubassement des Terres Noires n'y affleure pas. Elle se poursuit néanmoins en rive droite de la Durance, par Monétier-Allemont jusqu'à Savournon. Elle est recouverte par celle de **Barceillonnette - Pey-Rouard**, dont la semelle triasico-liasique chevauche l'Oligocène en rive gauche de la Durance, à Rousset (fig. 3).

• **L'écaille de Valavoire** est en fait la plus méridionale et la plus remarquable de ces unités chevauchantes. Son chevauchement dessine un saillant vers le sud-ouest mais, du côté sud-est elle se raccorde à l'autochtone de la demi-fenêtre de Barles (fig. 1 et 3). Sa série stratigraphique visible va du Trias supérieur au Nummulitique (à faciès Molasse Rouge) et se caractérise par un Lias d'épaisseur « intermédiaire », proche de celui que l'on observe dans les régions frontales de la nappe aux abords de Digne. Compte tenu de ce caractère ainsi que de sa situation (fig. 1 et 5) on peut assimiler l'écaille de Valavoire à un lobe de la nappe de Digne, bien que cette dernière la chevauche franchement. D'autres traits de l'écaille de Valavoire (telle sa structure, voisine de celle de l'autochtone oriental) semblent la rattacher plutôt aux chevauchements de l'autochtone : cela vient sans doute principalement de ce que l'érosion y a respecté les terrains d'âge plus récent que le Dogger.

• **Le redent de Turriers** est une apophyse de l'autochtone qui avance d'environ 10 kilomètres en direction du nord-est, en indentant le front cartographique des affleurements triasico-liasiques de la nappe. À son extrémité nord-est s'ouvre la cuvette de Turriers, où n'affleurent pratiquement que des Terres Noires. Ce secteur se distingue de l'autochtone plus occidental par diverses originalités, notamment par la présence de chevauchements, les « **écailles de Faucon** » [Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, 1973], dont la vergence ouest est une originalité remarquable. Le redent de Turriers se singularise enfin par sa **très forte réduction des séries liasiques**, à la fois par condensation et par lacunes [Petiteville et Rivoirard, 1959].

Sa situation cartographique incite *a priori* à le considérer comme une échancrure ouverte par l'érosion dans le front de la nappe [Petiteville et Rivoirard, 1959], c'est-à-dire comme une demi-fenêtre. Mais l'analyse de ses limites contredit cette interprétation et oblige à accepter un schéma, moins classique, d'indentation par poinçonnement [Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, 1974] à la faveur de deux failles, celle du Grand Vallon et celle de la Frayssinie (fig. 3).

1.3. Contexte paléogéographique

Au cours de leur histoire sédimentaire les Baronnies orientales ont été à plusieurs reprises sur le tracé d'importantes limites paléogéographiques.

- **Au Lias-Dogger**, lors de l'expansion océanique alpine, les Baronnies orientales appartiennent à la marge occidentale du domaine dauphinois (que caractérise un Lias argilo-calcaire très épais). La transition aux faciès néritiques et lacuneux de la dorsale plus occidentale, qui remonte de la Provence en direction du nord, s'y manifeste par une réduction très progressive de l'épaisseur de cette succession. On l'observe d'est en ouest, à la latitude de Digne, dans les parties les plus externes de la nappe et, plus au nord, dans les écailles de son avant-pays. Cette réduction est encore plus accentuée dans l'autochtone des environs de Barles et surtout de Turriers, où elle est telle qu'en certains points, le Bajocien, souvent amputé de ses couches inférieures repose directement sur l'Hettangien ou même sur le Trias.

Toutefois les faciès très réduits de Turriers caractérisent en fait une dorsale secondaire, orientée NE-SW, le **linéament de Clamensane** [Arnaud *et al.*, 1977]. D'autre part ces variations de faciès sont probablement liées à une fracturation extensive, mais les traces visibles de celle-ci (paléofailles, cachetées en général au Domérien et/ou au Bajocien) sont de direction plutôt NE-SW : tout ceci tend à accréditer l'idée que le système de fractures extensives jurassiques devait avoir un tracé en zigzag, connectant des tronçons les uns NW-SE, les autres (plus courts) NE-SW.

- **Au Crétacé inférieur** la limite entre les faciès vocontiens et les faciès provençaux, plus néritiques, passe à peu près par le chaînon Ventoux-Lure (fig. 1), de sorte que les chaînons autochtones les plus méridionaux de la région étudiée ici (secteur de Saint-Geniez, fig. 3) montrent déjà des affinités provençales. Par contre ce n'est pas le cas pour l'écaille de Valavoire et il faut, dans la nappe, se déplacer de plus de 20 km vers le sud, jusqu'à atteindre la branche est de l'arc de Castellane, pour trouver de tels faciès. Ce décalage matérialise bien l'importance du déplacement vers le sud du domaine de la nappe [Gidon et Pairis, 1986a].

- **Au Nummulitique**, lors de la révolution paléogéographique qui a prélué à la compression alpine, les Baronnies orientales ont été traversées du nord au sud par la zone de transition entre le bassin continental des Molasses Rouges et le domaine marin, plus interne, des flyschs autochtones (auquel se rattache le revers interne de la nappe de Digne). Le passage progressif, par intrusions de faciès, entre ces deux domaines est assez largement visible dans l'autochtone du redent de Turriers. Il coïncide avec une zone de *forte érosion anté-nummulitique*, qui court du N-NW au S-SE depuis les abords de Veynes jusqu'à ceux de Barrême (fig. 1) et qui a été qualifiée de « **front nummulitique** » [Pairis *et al.*, 1986]. Cette zone se soulevait encore au Priabonien, car son extrémité septentrionale, dans le Dévoluy septen-

trional, correspond à une faille extensive active à compartiment occidental surélevé [Gidon et Pairis, 1976].

La dorsale du front nummulitique est bien distincte de la dorsale du Lias, par rapport à laquelle elle est décalée de plusieurs dizaines de kilomètres vers l'est. Elle préfigure la future ligne de charriage de la nappe de Digne proprement dite [Pairis *et al.*, 1986]. En effet, depuis le synclinal de Montmaur (en Dévoluy sud-oriental) en passant par le bord est de l'écaille de Barillonnette - Peyrouard, par le redent de Turriers, par l'écaille de Valavoire et enfin par l'autochtone de la demi-fenêtre de Barles, elle suit la marge orientale de l'avant-pays de la nappe et englobe également le front de cette dernière. De plus c'est entre la Durance et la Bléone, là où le charriage de la nappe atteint précisément sa flèche maximale, que son soulèvement a été le plus important, puisque l'érosion anté-priabonienne y a dénudé les Terres Noires.

La limite occidentale de la zone où les Terres Noires sont mises à nu constitue d'ailleurs un repère intéressant pour évaluer les déplacements relatifs des unités. C'est ainsi que le redent de Turriers, qui appartient tout entier au domaine de la dorsale, s'avère avoir eu originellement *une position plus interne que tous les autres secteurs de l'avant pays de la nappe*, notamment que l'autochtone de la demi-fenêtre de Barles (où l'Oligocène ne repose sur les Terres Noires qu'à son extrême marge orientale). Il apparaît aussi, à la lumière de ce critère, que l'écaille de Valavoire (dans laquelle le Nummulitique ne repose sur les Terres Noires qu'au nord-est d'Esparron) *ne peut pas provenir d'une patrie beaucoup plus orientale que le redent de Turriers* (ce qui confirme l'analyse tectonique de leurs rapports).

1.4. Phases tectoniques superposées

La tectonique des Baronnies orientales est nettement polyphasée. On peut y distinguer quatre familles de plis et de chevauchements associés, auxquels s'ajoute le charriage de la nappe de Digne :

- Plis à axes W-E (N70 à N90)

Les plis SW-NE, parfois mal caractérisés ou difficiles à distinguer des plis NW-SE, sont antérieurs à la transgression priabonienne. Ils datent probablement de la phase anté-sénonienne du Dévoluy, plutôt que de la phase dite "provençale", fini-crétacée. Mais ils ont pu néanmoins être réactivés à l'occasion de cette dernière car on trouve, à Terre Basse (est de Châteaufort), un lambeau de Sénonien sous le Nummulitique (de fait, peu au nord, en Dévoluy méridional, le Nummulitique discordé sur le Crétacé supérieur d'une façon qui implique un plissement intermédiaire de ce dernier).

- Plis à axes NNE-SSW (N10 à N30).

Propres au secteur occidental du redent de Turriers et liés au système des écailles à vergence ouest de Faucon ils représentent *a priori* une particularité assez énigmatique. On verra que leur formation semble avoir des causes locales.

- Plis à axes NW-SE (N110 à N130).

Associés aux chevauchements vers le sud des écaillés de la marge est de l'autochtone, ces plis se sont sans doute formés depuis la fin de l'Oligocène jusqu'au courant du Miocène, si l'on en croit les données fournies par la coupe du Bès [Gidon et Pairis, 1992]. Ce sont eux qui sont associés à la schistosité régionale.

- Plis à axes N-S (N160 à 170).

Ces plis, également post-priaboniens, ont d'abord été considérés comme tardifs, post-miocènes. En fait ils semblent plutôt s'être développés concurremment avec les précédents même s'ils prédominent sur le tard.

- Charriage de la **nappe de Digne**

Il a longtemps été considéré comme datant de la fin du Néogène parce que la nappe repose au sud de Digne sur les termes récents du remplissage du bassin de Valensole. Les études récentes ont montré que ce n'est là que l'étape ultime d'un déplacement qui a commencé au moins au Miocène moyen. Ses rapports avec les deux dernières familles de plis sont un sujet délicat qui sera réexaminé dans cette étude (voir 4.4.).

2. - EXAMEN CRITIQUE DES DONNÉES DISPONIBLES

2.1. L'autochtone *sensu stricto*

2.1.1. Sa structure

Dans la partie de l'anticlinorium de Laragne située au nord-est de Sisteron (où n'affleure que le Jurassique médio-supérieur marneux), aussi bien que dans les chaînons au sud de Sisteron (où l'on observe le Tithonique et le Crétacé), on ne trouve que des plis E-W (N70 à N90), sans doute anté-sénoniens (fig. 3).

À la marge tout à fait orientale de ce domaine autochtone, apparaissent, puis prédominent au contraire, des plis NW-SE qui affectent le Nummulitique et interfèrent avec les précédents. Ces plis NW-SE, d'ailleurs plus accusés que ceux connus dans les Baronnies les plus occidentales, s'organisent en fait, depuis le nord du Dévoluy (Beaumont) jusqu'à la branche ouest de l'arc de Castellane (Barrême), en un faisceau en échelons qui court parallèlement au front de la nappe de Digne, c'est-à-dire selon une direction moyenne N160. Ils sont en général N100 à N120, donc moins méridiens que ce front du charriage : cette disposition suggère un mode de formation « en échelons » par cisaillement dextre. Un tel cisaillement est en outre indiqué par le fait que ces plis dévient assez souvent de leur direction habituelle pour prendre un azimut axial plus méridien (jusqu'à N160, par exemple pour le synclinal du Caire, ou plus au sud, pour les plis du Miocène du bassin de Valensole aux abords de Digne).

Les surfaces de chevauchement des écaillés imbriquées à la marge orientale de l'autochtone sont grossièrement orientées N120, comme les axes des plis post-Oligocènes (fig. 3) et s'amortissent, au nord-ouest de la Durance, dans les coeurs de tels anticlinaux. *Ces écaillés sont par conséquent associées au plissement post-nummulitique* et ne sont pas les homologues de celles de Faucon, dont l'orientation est tout autre. Leur formation est sans doute liée à celle de la nappe de Digne mais semble l'avoir précédée. En effet, dans la coupe du Grand-Vallon, au nord du Caire, on voit ces écaillés s'effiler vers l'est, sous l'effet d'un cisaillement à la fois tangentiel et latéral, en s'engageant sous cette nappe [Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, 1974].

2.1.2. Ses limites

Du Caire jusqu'à Châteaufort, l'autochtone oriental est séparé de l'écaille de Valavoire par un faisceau de failles. Cette bande disloquée, d'orientation proche de N-S, coupe presque orthogonalement les plis E-W. Elle comporte en fait deux failles principales qui convergent vers le sud, au delà de la latitude de La-Motte-du-Caire. Ce sont la « *faille occidentale de Vermeil* », qui longe les crêtes de rive ouest du vallon de ce nom, et la « *faille orientale de Vermeil* », qui passe au contraire sur la rive est de ce vallon au nord de Clamensane. Elles sont bien distinctes et il n'est même pas sûr, contrairement à ce qui a pu être figuré par schématisation [Arnaud *et al.*, 1977], qu'elles se connectent vers le sud.

La **faille occidentale de Vermeil** a un rejet coulissant dextre bien caractérisé à toutes échelles. Elle limite du côté oriental les affleurements crétacés du Caire, qui constituent de ce fait, entre cette faille et les coulissements sénestres de la rive nord du Grand Vallon (entre Malaup et La Roche, fig. 3), un poinçon saillant vers le NE (« *coin du Caire* », [Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, 1974]). Dans ce poinçon les axes des plis prolongeant ceux du Jurassique de l'anticlinorium de Laragne s'incurvent vers le NE aux approches de la faille occidentale de Vermeil (fig. 3). L'origine de cette disposition, qui fait penser à un crochon de coulissement sénestre mais est en désaccord avec le rejet dextre de cette faille, n'est pas claire : c'est peut-être l'effet le plus distal du poinçonnement tardif, vers l'ouest, qu'a subi l'écaille de Valavoire à la latitude de Bayons (voir 3.2.3.).

La **faille orientale de Vermeil** se partage vers le sud en une gerbe de cassures subverticales dont la plus importante diverge vers l'ouest, à Châteaufort, pour se perdre dans le Dogger de l'anticlinal de la Montagne de Hongrie. C'est un accident particulièrement important à deux égards. D'abord parce que cette faille constitue la limite occidentale de l'écaille de Valavoire, dont le front chevauchant s'interrompt vers l'ouest en s'y connectant. Ensuite parce qu'elle se superpose à un accident synsédimentaire, le « **linéament de Clamensane** » [Arnaud *et al.*, 1977 et 1978a] qui constituait au Lias - Dogger

une dorsale NE-SW à faciès particulièrement minces, voire lacuneux. C'est ce qu'étaient un faisceau d'observations :

(1) l'amortissement vers l'ouest de la faille des rochers de Hongrie consiste en un cachetage par les couches du Dogger ;

(2) au voisinage oriental de la branche principale de la faille de Vermeil, à Champ Long et à la Gypière de Rouast (ouest de Clamensane), on observe une réduction rapide de l'épaisseur des couches des divers niveaux du Lias ainsi que leur repos en onlap sur le Trias et même sur le houiller [Arnaud *et al.*, 1977 et 1978a] ;

(3) à son voisinage occidental (environs d'Entraix), on trouve des olistolites de Trias et même de cristallin, qui sont resédimentés dans le Dogger [Artru, 1966] ;

(4) au nord de Clamensane la série de l'écaille de Valavoire s'amincit progressivement vers le nord-ouest, aux approches de sa limite nord-occidentale vis-à-vis du redent de Turriers.

2.2. La nappe de Digne

2.2.1. Extension

Le chevauchement de la nappe de Digne se suit sans difficulté vers le nord jusqu'à la localité de La Saulce, où il traverse la vallée de la Durance. Quatre kilomètres plus au nord il cesse de montrer sa semelle triasico-liasique, qui dessine un crochon anticlinal, et son tracé se perd au sein des Terres Noires. Mais ce même chevauchement se poursuit au flanc ouest du massif de Céüse (extrémité sud du Bochaine), puis jusqu'à l'extrémité NE du Dévoluy [Gidon *et al.*, 1970], où il se connecte au « linéament d'Aspres-les-Corps ».

Vers le sud le chevauchement se termine entre Chabrières et Barrême (fig. 1 et 5) mais ne s'amortit pas dans l'anticlinal de Norante, qui n'est qu'un des plis affectant les confins de la nappe et de l'autochtone. En fait le déplacement de la nappe est transféré vers le sud par l'intermédiaire du système de décrochements du faisceau du Poil [Gidon et Pairis, 1971] : il se partage au-delà entre les différentes unités imbriquées qui constituent la branche occidentale de l'arc de Castellane, à la marge orientale du bassin de Valensole.

Un fait d'importance majeure est que la direction du déplacement de la nappe de Digne était dans l'ensemble voisine de N30 [Gidon et Pairis, 1986a, Faucher *et al.*, 1988, Gidon et Pairis, 1992], c'est-à-dire oblique à la ligne enveloppe du tracé (sinueux) de son front. En outre sa connexion vers le sud, avec le faisceau de décrochements du Poil souligne que sa surface de chevauchement a joué avec une importante composante de glissement latéral dextre, ce qui a pour conséquence que le front de la nappe s'est en quelque sorte déplacé « en crabe » vers le sud.

2.2.2. Les plis de la nappe de Digne

Les plis de la nappe, presque exclusivement observables au niveau du Jurassique, sont très ouverts et ont un très grand rayon de courbure, à l'échelle de l'épaisseur de la dalle plissée. Des plis N120 y interfèrent avec des plis plus méridiens, proches de N160 dont les plus importants sont, vers le nord, le synclinal du Dévoluy oriental et, vers le sud, le synclinal de Barrême. Il faut souligner que l'on ne voit *pas d'entrecroisement de ces deux familles de plis* mais au contraire des inflexions faisant passer, en continu, de plis presque est-ouest à d'autres subméridiens.

Le **Dôme de Remollon** est le plus septentrional de ces plis. Il appartient à la famille des plis N120, comme le montre sans ambiguïté l'orientation de sa schistosité [Vergne, *in* Gratier *et al.*, 1973]. La forme en coupole qu'il affecte est due à ce que l'axe de cet anticlinal plonge vers le nord-ouest au nord de la Durance, tandis que, vers le sud, son flanc oriental subit une torsion dans le sens dextre, "horaire", qui lui donne un azimut de plus en plus méridien. On verra que cette torsion s'est produite, à l'occasion du charriage, le corps de celle-ci se moulant sur le saillant de son autochtone constitué par le domaine du redent de Turriers

Plus au sud-ouest plusieurs autres plis d'azimut comparable succèdent au Dôme de Remollon. Le premier est le **synclinal de Tallard**, que dessine, au nord de la Durance (dans le lobe NW), le Tithonique de la cuvette de Céüse (fig. 3). L'axe N130 à N140 de ce synclinal le fait se prolonger, au sud-est du redent de Turriers, par le **synclinal du Bois Noir** (au NE d'Astoin), qui lui correspond effectivement à tous égards. Mais il subit dans l'intervalle plusieurs décalages d'échelle plurikilométrique : il s'infléchit d'abord jusqu'à N160 en traversant la Durance puis est décalé dans le sens sénestre de toute la valeur du décrochement de la faille du Grand Vallon de Faucon ; on le retrouve dix kilomètres plus au nord-est, aux approches de Brézières, où il a été qualifié de *synclinal des Martins* [Gidon et Pairis, 1986b] (fig. 3) et où il décrit de nouveau une forte inflexion sigmoïde dextre. Ces torsions transaxiales (qui n'avaient pas encore été clairement comprises) témoignent de l'intervention, postérieurement au plissement, de *cisaillements transverses à la nappe, orientés NE-SW*.

Le synclinal du Bois Noir s'amortit très vite en direction de Selonnet. Il est suivi, vers le sud-est (au nord de Barles) par trois plis plus serrés, l'anticlinal du Vernet, le synclinal d'Auzet et l'anticlinal des clues de Verdaches. Ces plis, d'orientation N120, ont la particularité de s'amortir en sens opposé, vers le nord-ouest, avant d'atteindre le front d'érosion de la nappe. Au total on a là une disposition *en échelons* assez typique, qui se poursuit d'ailleurs plus au sud, jusqu'à Barrême, et dont la géométrie est bien celle induite par un *coulissement dextre*. Cette disposition, parfaitement symétrique de celle de la marge orientale de l'autochtone confirme que le front de la nappe s'est installé en déchirant longitudinalement une bande de couverture qui avait déjà

commencé à être cisailée de façon souple sous l'effet du jeu profond d'un accident de socle.

D'autre part, vers l'est, les plis du secteur de Verdaches se tordent fortement à la traversée de la vallée du Bès pour s'orienter N160 [Haccard *et al.*, 1989] et répètent en somme, sur cette transversale, la torsion enregistrée plus au nord-ouest par le synclinal de Tallard - Bois Noir (fig. 5).

2.2.3. Les failles de la Nappe de Digne

1 - Le front de la nappe est décalé par des cassures NE-SW (fig. 3 et 4), dont la plus importante est la faille du Grand Vallon [Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, 1974], qui sépare la nappe du redent de Turriers et dont le rejet horizontal est sénestre. À La Saulce passe une faille parallèle, mais de sens inverse [Arlhac et Rousset, 1979], qui s'amortit dans le Jurassique moyen. Plus à l'est la Faille de la Frayssinie (= "accident d'Astoin", *in* Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, [1974]) limite vers l'est le redent de Turriers avec un rejet apparemment dextre. Aucune ne se prolonge vraiment, vers le NE, dans le corps de la nappe, aussi leur jeu doit-il être mis en relation causale avec le charriage.

2 - La coupole de Remollon est hachée par un réseau de failles [Gidon, 1985] (fig. 4) dont certaines ont un rejet considérable (plusieurs centaines de mètres) et dont aucune n'est compressive.

Une première famille, subméridienne et à composante de rejet dextre, est principalement représentée par la faille de Remollon et par le faisceau de Chorges. La première se termine vers le sud en se connectant presque à angle droit avec la faille du Grand Vallon. Quant au faisceau de Chorges, en allant vers le sud, il pivote avec le flanc NE du dôme, de N170 jusqu'à N25, aux alentours de Serre-Ponçon. Par cette torsion de 35° dans le sens horaire il se prolonge dans le faisceau de failles des abords orientaux de Bréziers, auquel appartient la Faille de la Frayssinie.

Un second faisceau de cassures, extensives et orientées NE-SW comme celles du front de la nappe, délimite, quatre kilomètres au nord de Remollon, le graben de la vallée de l'Avance et les deux diapirs de Notre-Dame-du-Laus et de Chausseoire. Ces failles se connectent à la faille de Remollon, sans la recouper [Gidon, 1985], réalisant un dispositif symétrique de la connexion de la faille du Grand Vallon. Des failles de cette famille coupent également le front de la nappe à l'ouest de Bréziers et y sont associées aussi à une montée diapirique (La Gineste, fig. 3 et 6).

En définitive les relations entre les déchirures qui indentent le front de la nappe et les failles qui éclatent le dôme correspondent donc plutôt à un système de raccords en baïonnette, combinant des tronçons extensifs orientés NE-SW et des coulissements dextres NNW - SSE. Ce schéma suggère évidemment que l'origine de ce dispositif est à rechercher dans un système originel en **pull-apart** [Gidon, 1985].

Au total, même si la mise en mouvement de la nappe de Digne est un effet de la poussée exercée par l'arrivée des nappes internes [Siddans, 1977], elle s'intègre dans un dispositif beaucoup plus vaste. Elle doit en effet être considérée comme une simple bavure de la couverture, déchirée à la marge occidentale d'un vaste poinçon de croûte terrestre (englobant le Pelvoux, l'arc de Castellane et tous les chaînons compris entre les deux) qui s'est déplacé vers le sud [Gidon et Pairis, 1986a ; Pairis *et al.*, 1986].

2.3. L'écaïlle de Valavoire

2.3.1. Caractéristiques

Le Lias de cette unité, plus réduit que celui du corps de la nappe, a néanmoins une épaisseur voisine de cinq cent mètres. Il ressemble à celui que l'on rencontre dans la partie frontale de la nappe, entre La Robine et Digne ou, au sud de Digne, dans la vallée de l'Asse (ce qui a pu inciter à voir dans l'écaïlle de Valavoire un « lobe » de la nappe). Cette succession, proche aussi, par son épaisseur, de celle de l'écaïlle de Barillonnette, au nord de la Durance, diffère cependant de cette dernière qui a des faciès moins néritiques. L'érosion anté-nummulitique a largement respecté le Crétacé inférieur dans la grande moitié sud-ouest de l'écaïlle de Valavoire, mais sa partie située au nord-est d'Esparron s'apparente au redent de Turriers par l'ablation de tous les termes plus récents que les Terres Noires.

La structure tectonique de cette unité s'apparente étroitement à celle de l'autochtone de Barles, immédiatement plus oriental. Elle en diffère seulement par le fait que le chevauchement de son bord sud-occidental lui a permis de se déplacer vers le sud-ouest au lieu de devoir se raccourcir sur place par un plissement post-oligocène de courte longueur d'onde. Ce plissement plus ample permet de bien voir l'entrecroisement des plis anté-nummulitiques SW-NE (anticlinal des Monges et synclinal à fond plat de Reynier), par ceux post-nummulitiques NW-SE (synclinal d'Esparron), ce dont résulte la cuvette de Reynier (fig. 3).

2.3.2. Limites

Elles n'ont pas partout le même caractère et présentent dans certains secteurs des complications ou des ambiguïtés notables.

2.3.2.1. Ses limites méridionale et orientale

C'est seulement du côté sud que l'écaïlle de Valavoire manifeste son caractère chevauchant en s'avancant jusque sur le remplissage Miocène du bassin de Valensole, comme le fait la nappe de Digne plus au sud, dans la vallée du Bès (mais elle est loin d'avoir progressé aussi loin qu'elle vers le S-SE). Vers l'est, la flèche de ce chevauchement diminue progressivement et l'écaïlle de Valavoire se raccorde à l'autochtone, immédiatement plus

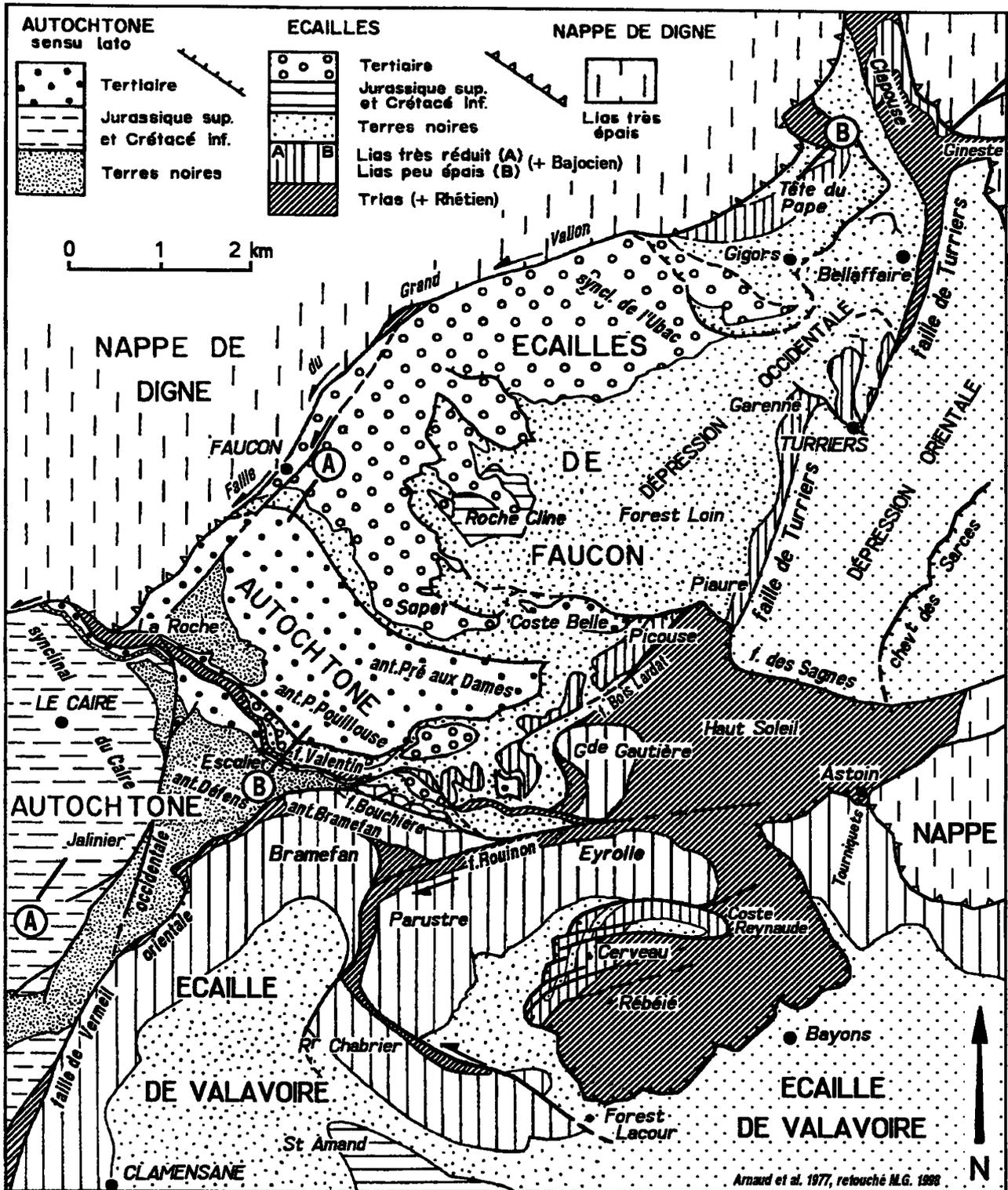


FIG. 6. – Carte géologique simplifiée des confins nord et ouest de l'écaïlle de Valavoire (haut vallon du Sasse et de Vermeil) et des écaïlles de Faucon [d'après Arnaud, Gidon et Paris, 1977, complété et retouché].

A = tracé de la coupe de la fig. 7 ; B = tracé de la coupe de la figure 8.

oriental, de la demi-fenêtre de Barles. La seule limite entre ces deux unités est un couloir de décrochement sénestre subméridien, dont la présence n'empêche pas de reconnaître la continuité originelle des plis de part et d'autre. À l'est de cette déchirure l'autochtone de Barles,

au lieu de chevaucher vers le sud comme l'écaïlle de Valavoire, s'est seulement raccourci par accentuation de son plissement, dont la longueur d'onde a été raccourcie, et ce avant le charriage de la nappe de Digne [Gidon et Paris, 1992]. L'accident des Monges s'enfonce en outre

sous la nappe, sans l'affecter, au col de Clapouse (ouest de Barles, fig. 3). Tout ceci converge pour indiquer que **l'échaille de Valavoire ne résulte pas d'un entraînement dû à l'avancée de la nappe.**

2.3.2.2. Sa limite nord-orientale

Depuis Astoin jusqu'au col de Clapouse (fig. 3), l'échaille de Valavoire s'engage franchement sous le chevauchement de la nappe de Digne. Elle y est affectée d'accidents chevauchants secondaires qui sont par contre attribuables à un effet d'entraînement par le charriage. Ils se répartissent en deux groupes (fig. 3) :

- la **klippe du Cerveau** [Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, 1974 ; Gidon et Pairis, 1986b]. Formée en majeure partie d'une grosse masse de Trias gypsifère, d'aspect diapirique, elle recouvre les Terres Noires du coeur du synclinal de Bayons et le Lias de son flanc nord (fig. 3). Elle est solidaire de la masse triasique d'Astoin - Haut-Soleil, qui constitue plus au nord, à la Grande Gautière, la base de la série de l'échaille de Valavoire. Elle est en outre bordée du côté nord-ouest (au Cerveau même) par du Jurassique qu'affectent des plis serrés orientés presque N-S : ce trait, associé au fait que l'épaisseur du Lias y est plus réduite que dans l'échaille de Valavoire, apparente cette succession à celle de Turriers. Malgré cela, la klippe s'avère structurellement solidaire du front de la nappe et débordé même, vers le nord, sur la partie orientale du redent de Turriers par l'intermédiaire de la **faille des Sagnes** (fig. 6).

Ces paradoxes se résolvent si on interprète cette klippe comme un *ancien diapir* (voir 3.2.1.) qui séparait originellement le domaine de la nappe de la partie la plus septentrionale de celui de l'échaille de Valavoire avant d'être décapité par le charriage.

- les **échailles de Combovin** [Gidon et Pairis, 1986b]. Elles sectionnent le Jurassique supérieur du synclinal de Bayons et chevauchent le flanc nord du synclinal d'Esparron (voir 3.3.3.).

2.3.2.3. Sa bordure nord-occidentale

Les modalités des rapports entre l'échaille de Valavoire et l'autochtone plus occidental varient selon l'endroit considéré mais n'ont nulle part le caractère d'un franc chevauchement :

- Du côté ouest, entre Entraix et les abords de Clamensane, elle se confond sur plus de six kilomètres avec la faille orientale de Vermeil, qui est là un accident subvertical [Arnaud *et al.*, 1977]. Le déplacement de l'échaille de Valavoire vers le sud - sud-ouest implique donc le jeu en coulissement dextre du paléo-accident jurassique auquel s'est superposée cette cassure. Au nord de Clamensane, dans les pentes du Bramefan, la cassure bascule vers l'ouest mais reste très fortement pentée.

- Entre le vallon de Vermeil et le vallon de Rouinon l'échaille de Valavoire vient en contact avec le domaine du redent de Turriers par l'intermédiaire d'un secteur assez confus (fig. 6). Il y passe deux failles E-W, celle de la *Basse de Bouchière* et plus au nord celle de *Valentin*

[Arnaud *et al.*, 1977] (voir 2.4.3.). L'une et l'autre sont subverticales et ne ressemblent en rien à des surfaces d'imbrication par chevauchement. La faille de Bouchière, qui se raccorde vers l'ouest à la faille orientale de Vermeil, n'est qu'un accident mineur. Mais, de part et d'autre de cette cassure la succession liasique se réduit très sensiblement vers le nord, ce qui indique que l'on atteint ici la *zone de transition originelle entre le domaine de l'échaille de Valavoire et le domaine de l'autochtone de Turriers.*

- Aux alentours de la Grande Gautière l'échaille de Valavoire commence à montrer une semelle gypseuse. Elle vient en contact, par son intermédiaire, avec les échailles de Faucon, selon une surface tectonique fortement pentée vers l'est. C'est la faille subméridienne de Bois Lardat [Arnaud *et al.*, 1977], qui se prolonge vraisemblablement vers le nord par celle de Turriers (voir ci-après). Le rejet de cet accident, mal défini, comporte en tous cas une composante d'abaissement (et non de chevauchement) de son compartiment oriental. Son jeu est tardif par rapport à la formation des échailles de Faucon, qu'il recoupe à la crête de Picouse.

- Au nord de la Grande Gautière, entre la crête de Picouse et Astoin, le Trias gypsifère de la semelle de l'échaille de Valavoire surplombe les Terres Noires de la dépression de Turriers par l'intermédiaire de la faille E-W des Sagnes, fortement pentée vers le sud, qui se raccorde à celle de la Frayssinie (voir 3.2.2.).

Au total la limite nord-occidentale de l'échaille de Valavoire ne correspond en aucune façon à une grande surface de chevauchement sur l'autochtone. On y trouve au contraire un complexe d'accidents de caractères variés, souvent subverticaux. Ils jalonnent cependant la frontière entre le Lias intermédiaire et le Lias réduit, c'est-à-dire qu'ils suivent le linéament de Clamensane : ils représentent donc des dislocations relativement mineures, qui se sont implantées sur ce paléoaccident à l'occasion des déformations qui se sont superposées dans cette région.

Les caractères de ces relations impliquent que l'échaille de Valavoire se situait originellement du côté du sud-est du redent de Turriers (et en était séparée par le linéament de Clamensane). Il ne s'agit pas d'une unité dont l'origine serait plus septentrionale, intercalaire entre le domaine du Lias réduit de Turriers et celui du Lias épais de la nappe. Ceci est confirmé par l'absence, entre Astoin et Bréziers, de témoin de l'échaille de Valavoire et par la géométrie de ce secteur, qui ne permet pas de supposer qu'elle ait pu y être laminée (voir 3.1.1.). Cette conclusion est par ailleurs en excellent accord avec la paléogéographie du Nummulitique, qui indique que la limite sud-occidentale de la mise à nu des Terres Noires à cette époque ne saurait avoir été fortement décalée entre l'échaille de Valavoire et le redent de Turriers. En tout cas la partie sud-ouest de l'échaille de Valavoire, où le Crétacé est largement conservé, ne saurait provenir d'un secteur originellement situé au nord-est du redent de Turriers, où ce Crétacé manque totalement.

2.3.2.4. Ses confins septentrionaux

Les terrains triasiques gypsifères du Haut-Soleil et d'Astoin, qui constituent la semelle stratigraphique de l'écaille de Valavoire, butent là, par la « **faille des Sagnes** », contre le redent de Turriers en surplombant les Terres Noires de sa dépression orientale. Il est difficile, *a priori*, de savoir quelle est la part de l'extravasation des gypses vers le nord et, par conséquent, dans quelle direction pend la faille. Mais son tracé concave, à flanc de la cuvette des Sagnes, indique qu'elle est inclinée vers le sud. Ceci est confirmé par le fait que, plus à l'ouest, elle franchit la crête de Piaure en décrivant un V topographique pointant vers le nord (elle tranche à cet endroit la bande de Jurassique moyen renversé, prolongement méridional de celle de La Garenne, qui constitue le soubassement de l'autochtone du redent de Turriers). Enfin le tracé de la faille des Sagnes se poursuit très vraisemblablement dans les hautes pentes de la cuvette de Forest-Loin, en suivant la ligne concave vers le nord que dessine la bande d'éboulis qui limite vers le sud les Terres Noires de la dépression occidentale de Turriers. En effet celles-ci sont brutalement surplombées, au sud de cette ligne par les affleurements liasiques de la crête de Picouse, puis, plus à l'ouest, par ceux du Nummulitique (d'ailleurs renversé) de Coste Belle.

Au total la cartographie porte donc à attribuer à cette cassure une nette inclinaison vers le sud et, compte-tenu de son rejet vertical, un jeu en *chevauchement vers le nord*. Il en résulte que l'écaille de Valavoire chevauche vers le nord sur le redent de Turriers.

2.4. Le redent de Turriers

La première des caractéristiques de ce secteur, vis-à-vis de l'autochtone *sensu stricto*, est que l'on y voit sans ambiguïté dans sa partie ouest (Faucon), grâce à une généreuse conservation des terrains tertiaires, que les plis d'axes NW-SE y sont post-nummulitiques. D'orientation moyenne N120, ils sont en général peu déversés vers le sud (et leur schistosité est effectivement fortement inclinée vers le nord).

Le redent de Turriers se caractérise aussi par sa *forte érosion anté-nummulitique*, qui a fait disparaître presque partout les terrains plus récents que les Terres Noires et l'oppose assez nettement à l'autochtone proprement dit. La constitution de sa succession nummulitique, essentiellement formée de Molasses Rouges, y varie du sud au nord d'une façon qui témoigne d'une situation à la frontière des bassins marins et continentaux de cette époque :

- au sud de Faucon elle débute par des marnes bariolées à conglomérats de matériel local, produits de l'érosion de paléoreliefs voisins. Elle ne diffère en rien de celle de l'autochtone (écaille de Fleurans, Barles) ou encore de l'écaille de Valavoire (Esparron) ;

- au contraire, au nord-est de Faucon, la succession stratigraphique des écailles de Faucon débute par du

Priabonien marin, ce qui les apparente à des domaines relativement orientaux, comme l'est du Dévoluy, l'écaille de Pey-Rouard (où le Priabonien marin est cependant très mince) ou le bord externe de la nappe (Barrême), mais pas encore cependant à celui du revers est du Dôme de Remollon, caractérisé par son flysch post-priabonien.

2.4.1. Les écailles de Faucon

L'écaille de Roche-Cline, supérieure, et l'écaille du Sapet, inférieure [Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, 1973], sont deux lames d'épaisseur pluri-hectométrique, principalement formées par du Nummulitique reposant en discordance sur des Terres Noires (et, à Roche-Cline même, sur du Tithonique). Le Lias très réduit de Turriers, qui affleure du côté sud-oriental (opposé à leur front) constitue le soubassement stratigraphique des Terres Noires de ces écailles.

L'orientation cartographique des biseaux de chevauchement et celle des charnières des crochons de chevauchement, l'une et l'autre voisine de N20, indiquent que l'écaille de Roche Cline s'est mise en place du sud-est vers le nord-ouest [Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, 1973]. En plusieurs points sa surface de chevauchement est cachetée par les couches nummulitiques plus élevées (en général par les molasses rouges basales). En outre, sous l'une et l'autre des deux écailles, les termes les plus élevés de la succession nummulitique qu'elles chevauchent hébergent des olistolites de Terres Noires ou de Nummulitique basal. Enfin on voit bien dans le versant ouest de la crête Gautière - Bramefan, à la faveur du plongement axial vers l'est des plis NW-SE qui affectent le Nummulitique, que ces deux chevauchements ont été ultérieurement « enroulés » par ces plis. Tous ces faits prouvent l'âge *syn-nummulitique* de ces accidents [Arnaud *et al.*, 1977].

Les caractéristiques de ces accidents sont assez particulières à ce secteur : seule la marge sud-est du Pelvoux (massif de Soleil-Boeuf, en bordure du "hiatus sud-pelvousien", fig. 1) montre des structures mises également en place au Nummulitique par glissement synsédimentaire vers le NW [Gidon et Pairis, 1980]. Cela incite à penser que la formation des écailles de Faucon a une cause locale, savoir la présence du linéament de Clamensane, qui est l'autre particularité marquante de ce secteur. De fait (1) ces chevauchements ont une orientation est très proche de celle de cet accident, (2) ils n'existent que du côté nord-ouest des affleurements du Lias réduit qui le caractérisent, et (3) les plis qui affectent ce Lias réduit sont, en règle générale, déversés dans la même direction que les écailles de Faucon. On est ainsi conduit à considérer que la mise en place des écailles de Faucon a dû être un *glissement par collapse, induit par la mise en relief, au Nummulitique, du linéament de Clamensane*.

2.4.2. Les problèmes tectoniques posés par le Lias de Turriers

2.4.2.1. Origine de sa répartition.

La répartition des séries liasiques très réduites est assez discontinue et leurs affleurements constituent souvent des pitons saillants, entourés de Terres Noires, dont celui de Turriers est le plus remarquable. Ce trait a suggéré que les témoins de ces séries soient allochtones et posés en klippes sur le matériel des écaillés de Faucon [Rousset, 1976 ; Arlhac et Rousset, 1978], mais l'analyse précise de leurs contacts avec les terrains de ces écaillés révèle le plus souvent une continuité stratigraphique. Par exemple l'écaillé de Picouse, du versant ouest de la Grande Gautière n'est qu'un coeur anticlinal rompu par un chevauchement vers l'ouest et tranché du côté est par une faille subverticale (faille de Bois Lardat) [Arnaud *et al.*, 1977].

Leurs rapports avec l'écaillé de Valavoire (voir 2.3.3.) ne confortent pas non plus l'hypothèse qu'ils puissent représenter, avec les écaillés de Faucon, les témoins d'une « unité de Turriers » [Gigot *et al.*, 1974] qui serait franchement allochtone et intercalée entre l'écaillé de Valavoire et la nappe de Digne. D'ailleurs, de la Grande Gautière au col de Clapouse on ne trouve, le long du front de la nappe, aucun autre témoin qui puisse être attribué à une telle unité.

En définitive les complexités tectoniques du Lias de Turriers et la formation des écaillés de Faucon résultent plus vraisemblablement d'un décollement sur place (au niveau du Trias), de la série du domaine autochtone des hauts-fonds du linéament de Clamensane.

2.4.2.2. La faille de Turriers.

Au nord, dans la Cuvette de Turriers, les affleurements de Lias très réduit forment un alignement, sensiblement orienté N20, qui partage objectivement cette dépression en deux moitiés [Gidon et Pairis, 1986b], la « **dépression occidentale de Turriers** », où affleure le Lias très réduit, et la « **dépression orientale de Turriers** », où l'on n'en rencontre plus. Cette limite correspond à la « **faille de Turriers** ».

Il faut sans doute y voir, en raison de son orientation et du caractère de haut-fond des séries qui la jalonnent, l'homologue de la faille de Vermeil, voire même son prolongement septentrional. Au nord de Turriers, vers Bellafaire, c'est une fracture subverticale, injectée par la bande gypseuse du ravin de la Malecombe [Gidon et Pairis, 1986b]. À Turriers même elle est moins bien caractérisée et son tracé cartographique, plus compliqué, sectionne les plis qui affectent le Lias réduit : cela montre qu'elle a joué après leur formation mais que son histoire ne se résume pas à celle d'une simple fracture subverticale. Au sud de cette localité, entre La Garenne et la crête de Piaure (près de Gierre), elle sépare les Terres Noires de la dépression orientale de Turriers (disposées à l'endroit), du Bajocien renversé qui jalonne le bord oriental de la dépression occidentale de Turriers. Plus au sud encore son

tracé, plus incertain, semble se poursuivre par la faille du Bois Lardat [Arnaud *et al.*, 1977], qui sépare la Grande Gautière de la crête de Picouse, avant de se perdre dans les complexités du vallon du Rouinon.

Au nord-ouest de la Grande Gautière les affleurements du Lias très réduit, malgré les accidents secondaires qui les affectent, constituent indéniablement la semelle des écaillés de Faucon. Leur extrême dislocation, n'est pas cependant pas facile à expliquer dans tous ses détails, même compte tenu de la superposition des déformations ultérieures : peut-être est-elle due aussi à l'intervention, dès la formation des écaillés de Faucon, d'un boudinage extensif de leur semelle liasique, ce qui s'accorderait avec l'hypothèse d'une mise en place par collapse de ces écaillés.

En conclusion la faille de Turriers représente, comme celle de Vermeil, un tronçon du linéament de Clamensane qui a été réactivé après le Jurassique et particulièrement déformé, entre les deux, par la formation des écaillés de Faucon.

2.4.3. Les limites du redent de Turriers

2.4.3.1. Du côté sud

La frontière entre le redent de Turriers et l'autochtone proprement dit doit être placée sur la transversale de La Roche du Caire, le long de la **faille de Valentin** [Arnaud *et al.*, 1977] (fig. 3, 6 et 11). En effet ce n'est qu'au nord de cette cassure que se manifestent en totalité les caractéristiques stratigraphiques (Nummulitique marin) et structurales (écaillés de Faucon) qui font de ce redent un secteur à part.

Cette dislocation tranche le flanc sud de l'anticlinal de Pierre Pouillouse presque parallèlement à son axe et borde le flanc nord (très redressé) de l'anticlinal du Défens, en remplaçant le synclinal qui devrait se dessiner entre ces deux plis (fig. 7 et 8). C'est en réalité un couloir disloqué qui dessine sur la carte une lanière presque est-ouest (fig. 3) et où l'on rencontre du Nummulitique marin, des Terres Noires, du Lias très réduit et du Trias gypsifère, tous terrains qui sont à rattacher aux écaillés de Faucon et paraissent y être pincés. Ils y affleurent d'une façon assez discontinue tant en raison des mauvaises conditions d'affleurement que de leur dissociation par de multiples cassures à rejet le plus souvent sénestre. Ce couloir rejoint vers l'est (La Cassine) la semelle des écaillés de Faucon, ce qui est conforme à la nature de son contenu.

Le jeu et la signification exacte de cette cassure sont encore assez conjecturaux. La raison pour laquelle les affleurements les plus méridionaux des écaillés de Faucon jalonnent son tracé et le prennent comme limite méridionale reste notamment assez obscure, même si cette disposition accrédite l'idée que cet accident complexe a joué un rôle assez important dans la tectonique la plus tardive de ce secteur.

2.4.3.2. Du côté nord

Contrairement à l'impression qu'en donne un premier examen trop superficiel [Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, 1973], l'échancrure qu'ouvre, vers le nord, la dépression de Turriers dans le front de la nappe n'est pas due à ce que la surface de chevauchement a été crevée en demi-fenêtre par l'érosion. Au contraire ce redent est limité par deux failles à pendage très redressé : la faille du **Grand Vallon**, à l'ouest, et celle de **La Fraysinie**, à l'est [Ehtechamzadeh-Afchar et Gidon, 1974] (fig. 3 et 9). Ces failles convergent vers le nord-est, où elles se poursuivent, au-delà de l'interruption de leur tracé par la vallée de la Dur-, par certaines des fractures à la fois décrochantes et extensives, orientées nord-

est - sud-ouest, du flanc oriental du dôme de Remollon (fig. 3 et 4).

Vers le sud-ouest on voit les tracés de ces failles se connecter l'un comme l'autre à la surface de charriage de la nappe de Digne, respectivement à La Roche du Caire pour la première et à Astoin, pour la seconde, sans se poursuivre ni l'un ni l'autre dans l'autochtone sous-jacent, de la même façon que le flanc d'un tiroir se raccorde à son fond (fig. 9). Il s'agit donc de déchirures de la nappe, formées à l'occasion du charriage, dotées de rejets décrochants symétriques, sénestre pour la première, dextre pour la seconde. Mais un examen plus approfondi (voir 3.1.) montre que les relations nappe - autochtone ne se réduisent pas à ce schéma trop simple [Gidon et Pairis, 1986b].

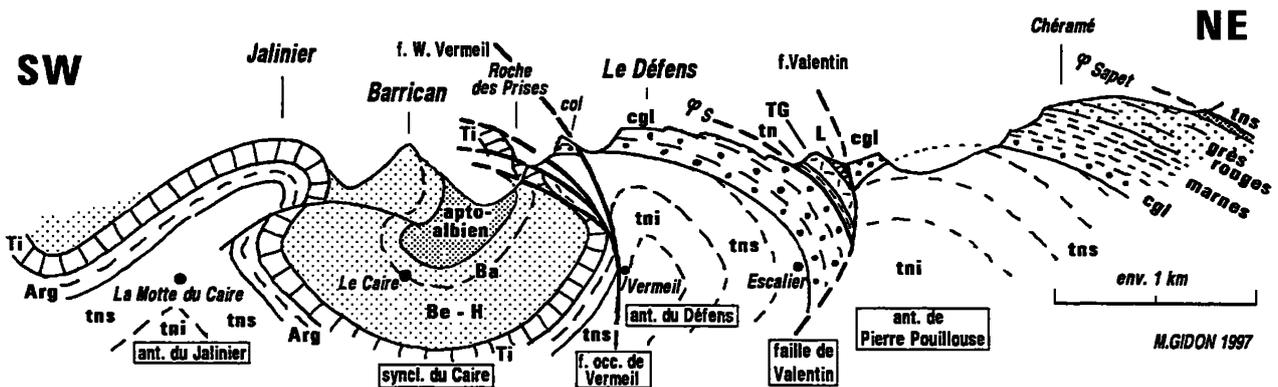


Fig. 7. - Coupe synthétique, le long des crêtes de rive gauche du Grand Vallon, entre La Motte-du-Caire et les abords sud de Faucon (échelle approximative).

On remarque que la faille du Valentin remplace le synclinal qui devrait séparer les anticlinaux du Défens et de Pierre Pouillouse mais, en fait, on connaît mal les caractères de rejet qui aboutissent à ce résultat.

Les rapports entre l'anticlinal du Défens et la faille occidentale de Vermeil sont mal représentés sur cette coupe, car cette faille est tranchée trop peu orthogonalement par le plan de coupe (qui lui est presque parallèle).

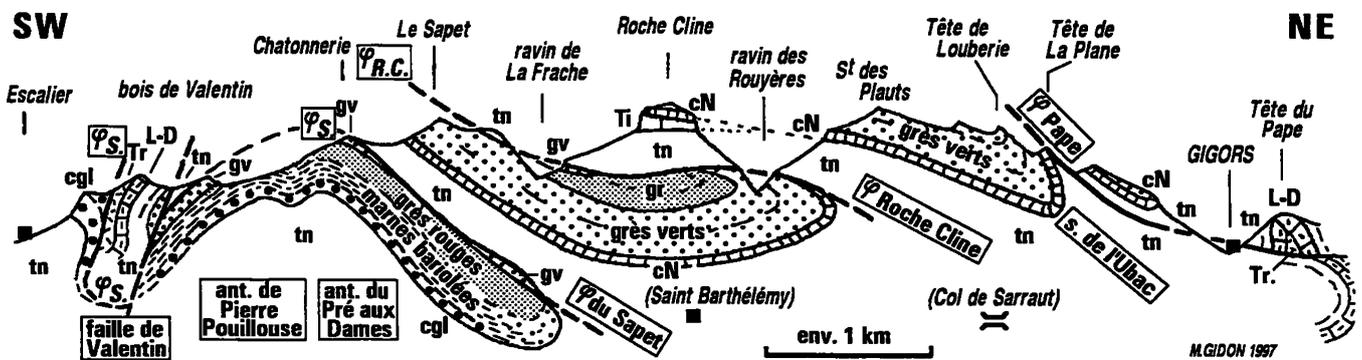


Fig. 8. - Coupe synthétique des écaïlles de Faucon, entre le haut vallon de Vermeil (Escalier) et Gigors (échelle approximative).

Cette coupe prolonge vers le NE celle de la fig. 7 à ceci près que son tracé est décalé plus au SE.

Noter que la coupe est perpendiculaire aux plis mais non aux deux chevauchement φS et φRC, qui sont au contraire peu obliques à son tracé. Les deux localités entre parenthèses ne sont indiquées qu'à titre de repérage géographique : elles ne sont pas dans le plan de coupe et leur situation géologique est différente.

3. – ANALYSE DE QUELQUES SECTEURS

La compréhension globale des rapports tectoniques entre les unités des Baronnies orientales exige d'examiner de plus près quelques secteurs qui recèlent des complexités parfois assez délicates à mettre en évidence et à interpréter. Il sera procédé suivant un ordre purement géographique, du nord vers le sud.

3.1. Marge orientale du redent de Turriers

3.1.1. Le rôle de la faille de la Frayssinie

La dépression orientale de Turriers se termine en coin, à son extrémité nord, entre la faille de La Frayssinie et la faille de Bréziers (qui est, comme la faille du Grand Vallon, une déchirure sénestre de la nappe). Or, à la faveur du pendage des couches vers le sud-ouest, le subsaissement stratigraphique de ses Terres Noires vient au jour au nord de Bréziers et s'y révèle constitué par une succession jurassique qui ne diffère en rien de celle de la nappe : la dépression orientale de Turriers se rattache donc au même domaine paléogéographique que la nappe.

Ceci porte à s'interroger sur l'importance exacte de la faille de la Frayssinie et à constater que le rejet stratigraphique de cette faille, de quelques centaines de mètres seulement, ne saurait s'accorder, même compte tenu de la faiblesse du pendage des couches, avec un rejet horizontal de plus d'un ou deux kilomètres. C'est là une valeur de coulissement insuffisante pour lui avoir permis de jouer le rôle d'une déchirure entre un domaine déplacé par un charriage plurikilométrique et un autre qui ne le serait pas. Cela conduit à considérer au contraire que la faille de la Frayssinie n'est qu'un accident interne à la nappe et à rattacher décidément la dépression orientale de Turriers à cette dernière.

Les terrains de la dépression orientale de Turriers représentent plus précisément un panneau découpé à travers le *flanc sud-ouest du Dôme de Remollon* et le synclinal de Tallard (dont le prolongement est dans cette optique représenté par le large « synclinal des Martins ») (fig. 3 et fig. 5). N'étant pas chevauchants vers le sud, ni gravement désolidarisés de ceux de la nappe proprement dite, ils doivent nécessairement, pour suivre le mouvement de cette dernière vers le sud, s'enfoncer dans cette direction sous la marge nord de l'écaille de Valavoire. C'est effectivement ce qui se passe le long de la faille des Sagnes (voir 2.3.2.4.), qui constitue une véritable surface de « sous-charriage ».

3.1.2. Le rôle de la faille de Turriers

À la différence de la dépression orientale, la dépression occidentale montre jusqu'à son extrémité nord-ouest, à la Tête du Pape et dans la gorge du torrent de Clapouse, une succession particulièrement réduite, qui s'enfonce vers le nord sous la nappe. En raison de

l'inexistence de tout autre accident susceptible de jouer ce rôle, c'est donc la faille de Turriers qui constitue actuellement la frontière entre le domaine du Lias réduit et celui du Lias épais ("de la nappe"). Cela veut dire que cette frontière prend ici une orientation NE-SW, ce qui implique un tracé en zigzag. Celui-ci doit résulter, pour une bonne part, d'une disposition originelle, synsédimentaire liée à l'orientation du linéament de Clamensane, mais plus probablement d'un tracé en baïonnette de l'accident séparant, dès avant sa mise en mouvement, la nappe de son avant pays (fig. 10, 1).

L'appartenance tectonique de la dépression orientale de Turriers au domaine déplacé vers le sud-ouest par le charriage impose aussi, puisque la dépression occidentale se rattache à l'autochtone, que la faille de Turriers ait été le siège d'un important décalage dextre (fig. 10, 2) : en fait la faille de Turriers représente la véritable frontière occidentale du domaine déplacé au cours du charriage, tandis que la faille de la Frayssinie sépare seulement la partie de ce domaine qui a été "sous-charriée" de celle qui a chevauché vers le sud.

Le fait que la faille de Turriers ne soit pas partout rectiligne et qu'elle ait au contraire un tracé en zigzag aux abords de cette localité, ne semble guère, à première vue, s'accorder avec le jeu coulissant que l'on est conduit à lui attribuer. Mais ce dessin résulte de son intersection par des accidents NW-SE dont la nature n'est pas parfaitement définie et dont l'intervention a sans doute été tardive (ces accidents apparaissent cartographiquement comme des décrochements dextres mais ce sont plus vraisemblablement des chevauchements tardifs, attribuables à un effet d'entraînement à la marge ouest du domaine déplacé, analogues aux chevauchements mineurs à vergence sud observables dans les Terres Noires à l'ouest de Turriers).

3.1.3. Conclusion sur le redent de Turriers

En définitive la particularité majeure du redent de Turriers est donc que la nappe et son avant-pays s'y intriquent par indentation, au lieu de s'y superposer :

- La partie occidentale du redent (dépression occidentale de Turriers), caractérisée par son Lias très réduit, représente un poinçon d'autochtone qui a éperonné la nappe et l'a partagée en deux, de sorte que celle-ci l'a contourné par l'ouest comme par l'est.

- Sa partie orientale (dépression orientale de Turriers) se rattache au contraire au corps de la nappe, plus précisément au flanc sud-ouest de l'anticlinal de Remollon. Mais elle en constitue une sorte de lobe très étroit, car elle en est séparée, au sud de Bréziers, par la faille de la Frayssinie. Ce lobe plonge vers le sud en "sous-charriage", sous le bord interne de l'écaille de Valavoire (fig. 9 et 5), au lieu de la chevaucher.

La mise en évidence de ce dispositif appelle plusieurs remarques :

- (1) La faille de la Frayssinie a un rôle en quelque sorte "transformant", puisque le sens de déversement des -

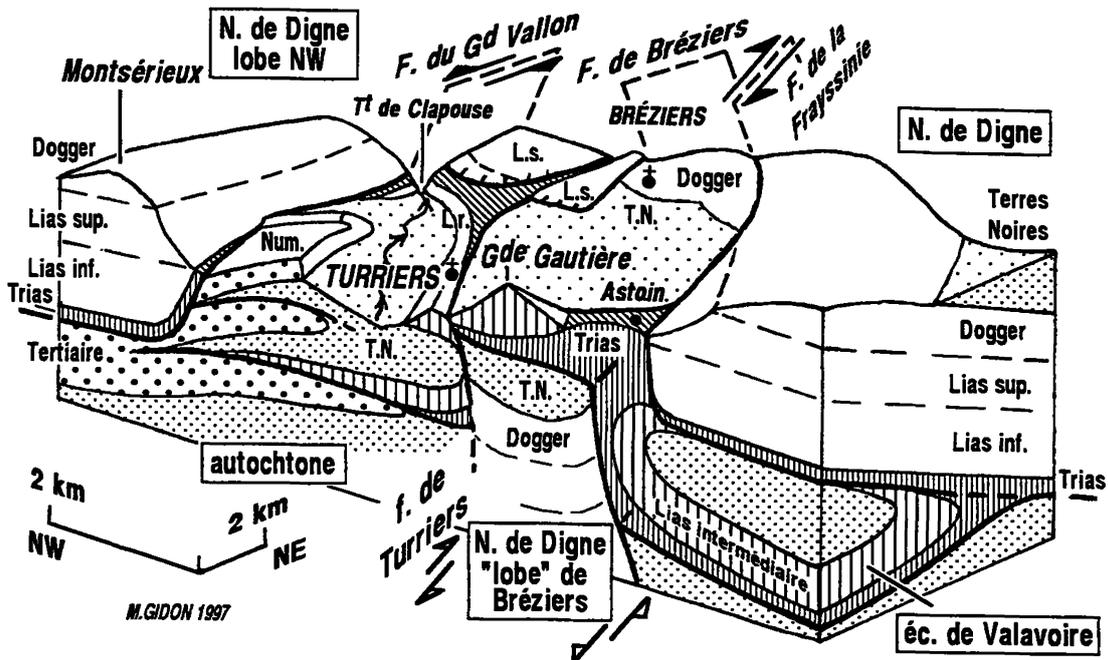


FIG. 9. – Bloc stéréogramme de l'extrémité nord du redent de Turriers.

La coupe NW-SE montre comment se fait le raccord entre la surface de chevauchement de la nappe et les failles qui déchirent son front. On a employé le nom de "lobe de Bréziers" pour désigner la partie de la nappe qui affleure dans la dépression orientale de Turriers et qui s'enfoncé, vers le sud, sous l'écaille de Valavoire. La faille des Sagnes, par l'intermédiaire de laquelle se fait ce sous-charriage, passe au nord d'Astoin et de la Grande Gautière et s'enfoncé vers le sud sous cette dernière.

chevauchements (vers le nord à l'ouest et vers le sud à l'est) s'inverse de part et d'autre de cette déchirure.

(2) Le sous-charriage de la dépression orientale de Turriers fournit peut-être une explication à la présence de la *klippe de l'Aubrespin*, constituée de terrains apto-albiens (marnes "bleues") qui reposent directement, et en série renversée, sur les Terres Noires de la dépression orientale de Turriers [Gidon et Paris, 1992]. En effet il permet d'imaginer une mise en place de ces terrains (par collapse sans doute plus que par un véritable accident tectonique), du sud vers le nord, depuis cette écaille : en effet c'est seulement là, dans le synclinal de Reynier, que sont conservés des terrains de cet âge, qui partout ailleurs, aussi bien dans la nappe que dans l'autochtone du redent de Turriers ont été enlevés par l'érosion anté-nummulitique.

(3) Le coulissement le long de la faille de Turriers est, en fin de compte, fondamentalement analogue au jeu de la faille du Bès [Gidon et Paris, 1992], qui, plus au sud, est elle aussi une déchirure coulissante qui permet l'avancée du lobe de Cousson par rapport à celui de la Robine, plus occidental (qui est donc dans une position comparable à l'ensemble du redent de Turriers et de l'écaille de Valavoire).

Enfin il faut souligner que plusieurs raisons s'additionnent pour que la partie occidentale du redent ait

constitué un môle particulièrement résistant dans les mouvements tectoniques et fait office d'un puissant poinçon :

- (1) c'est un secteur où le socle cristallin et le houiller, précocement soulevés, sont restés en position surélevée ;
- (2) il a encore été surépaissi par un redoublement tectonique armé d'une épaisse succession gréseuse ;
- (3) il a la forme d'un promontoire plutôt acéré, orienté à peu de chose près selon la direction des raccourcissements tectoniques du secteur.

3.2 Les chaînons à l'ouest de Bayons

3.2.1. Abords sud d'Astoin

L'angle droit que dessine, à Astoin, la limite méridionale des affleurements du Lias de la nappe (fig. 3), ou « saillant d'Astoin », est en fait dû à ce que la faille de la Frayssinie s'y raccorde à angle droit à la surface de charriage, à la façon de l'assemblage entre le flanc et le fond d'un tiroir (fig. 9). Mais le tracé N-S de la branche occidentale de ce coude n'est pas un simple front d'érosion et coïncide au contraire à peu près avec la limite de l'extension réelle, vers l'ouest, du Jurassique de la nappe. En effet la surface de charriage se poursuit sous la klippe du Cerveau, dont le matériel triasique, loin de s'engager sous la nappe de Digne, dépasse en altitude le

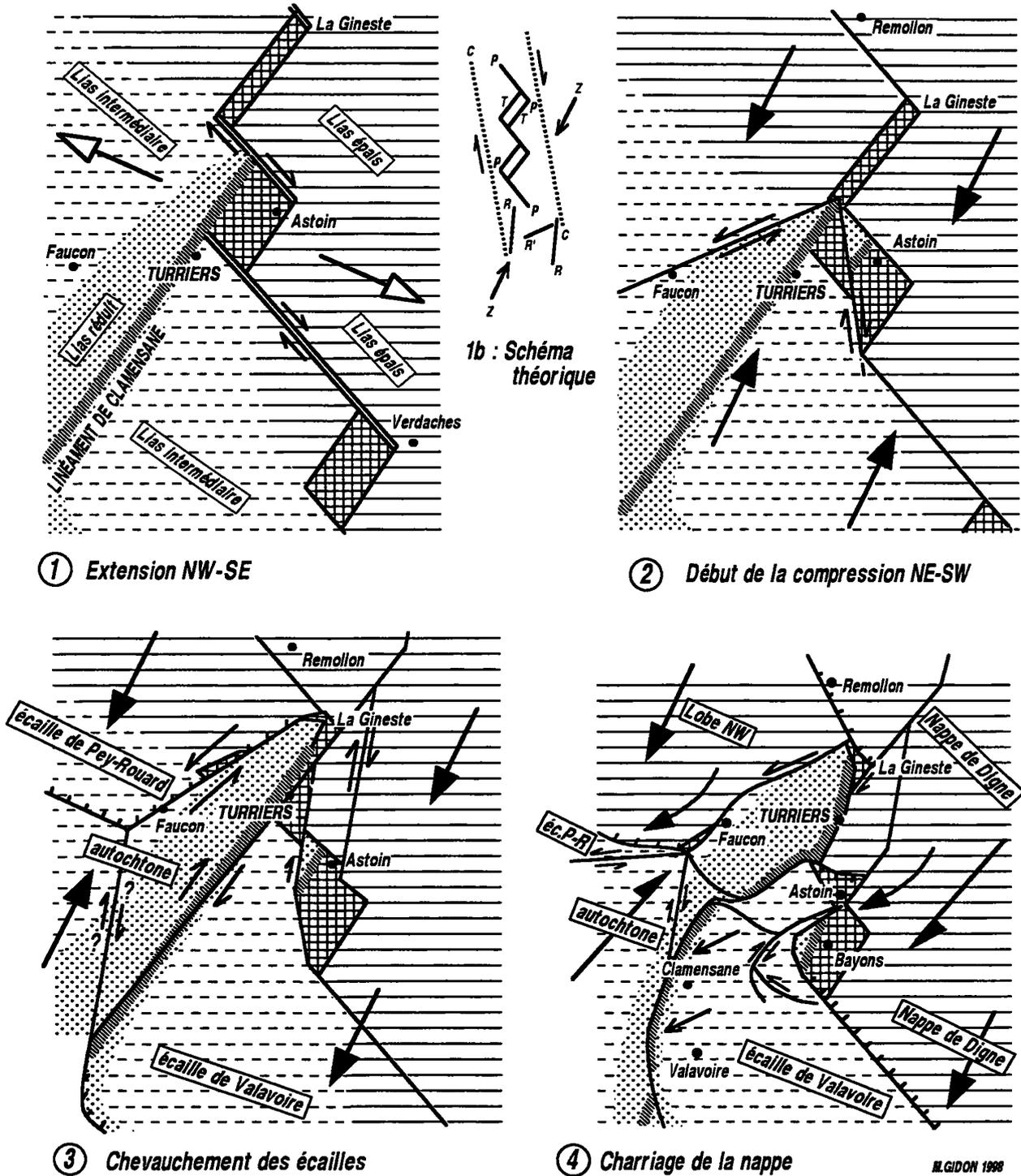


FIG. 10. - Reconstitution des déplacements relatifs des unités élémentaires constituant la mosaïque des Baronnie orientale aux alentours de Turriers (les limites, d'ailleurs transitionnelles, des trois domaines sédimentaires sont approximatives).

1 - Ouverture de diapirs, par une extension en pull-apart (voir 3.1.) : les doubles traits indiquent les failles coulissantes actives. Le schéma 1b rappelle la disposition théorique des familles de fractures liées à un cisaillement, si Z est orienté N30 (C = limite de la zone cisailée ; T = failles de traction ; R = failles de Riedel ; P = failles de Tchalenko - Skempton).

2 - Le raccourcissement Z est orienté à peu près selon l'axe du redent de Turriers, qui constitue un môle résistant, en raison du soulèvement de socle auquel il correspond. Cela crée deux décrochements symétriques (rattachables aux familles R et R'), qui encadrent le poinçon du redent. Les plis, qui commencent à se former, ne sont pas représentés.

3 - Le plissement ne suffit pas absorber les raccourcissement et il apparaît des chevauchements qui détachent, en créant les écailles, les terrains situés au sud-ouest du futur front de la nappe. Les décrochements existants jouent le rôle de rampes latérales vis-à-vis des écailles ; il en apparaît d'autres plus secondaires qui se branchent sur eux.

4 - Le raccourcissement s'accroît encore et la nappe se désolidarise des écailles en avançant sur elles. Son front s'infléchit vers l'ouest dans le secteur d'Astoin - Bayons, à la faveur d'un cisaillement dextre NE-SW. L'avancée du saillant d'Astoin poinçonne vers l'ouest l'écaille de Valavoire et pousse devant elle la klippe du Cerveau.

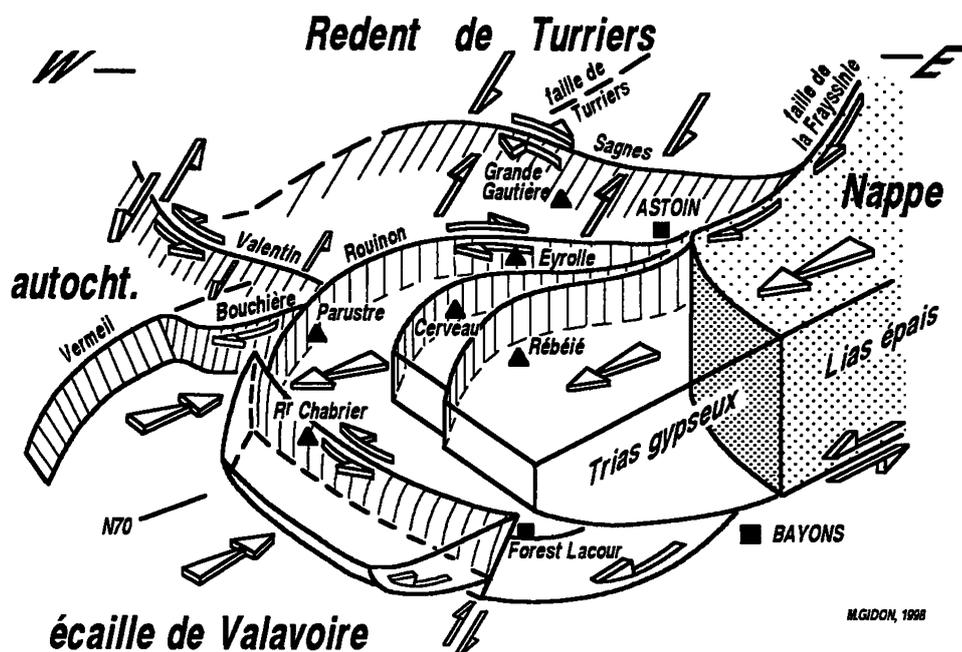


FIG. 11. – Bloc stéréogramme schématique du système de failles de l'extrémité nord de l'écaille de Valavoire.

Le bloc est limité par une coupe NE-SW passant par Bayons. Les seuls terrains représentés sont ceux du Lias charrié (pointillés), dont la limite dessine, du côté nord-ouest, le saillant d'Astoin. Hors de la nappe on a seulement figuré les surfaces de cassures (hachures orientées selon le pendage) qui affectent l'écaille de Valavoire et ses confins avec l'autochtone.

Malgré un mode de représentation très différent ce bloc complète et prolonge, du côté du sud, celui de la fig. 9.

sommet du Lias inférieur de celle-ci. Enfin la limite nord-occidentale de la klippe, constituée par la zone de décrochement de Serre Reynaude, prolonge la faille de la Frayssinie au sein de ce matériel qui n'appartient pas à la nappe mais à l'écaille de Valavoire [Gidon et Pairis, 1986b].

Il en résulte (1) que la nappe a transporté à son front du matériel qu'elle a prélevé sur son avant-pays ; (2) qu'il existe, entre le Trias des environs d'Astoin et la nappe, un *accident subvertical, recoupé par le charriage, et donc antérieur à lui*, qui soulevait brutalement ce matériel gypsifère, par rapport à la succession de la nappe qui le jouxtait du côté nord-est. Cette géométrie est un argument très fort pour voir dans la klippe du Cerveau un *ancien diapir* qui a été *décapité par le charriage*.

Au sud-est d'Astoin l'accident bordier de ce diapir devait passer à l'aplomb des gorges des Tourniquets, où il est actuellement enlevé par l'érosion. La faille des Sagnes en représente probablement la portion plus occidentale, reprise par le sous-charriage qui affecte les terrains de la dépression orientale de Turriers. Ceci suppose que ces terrains plongent sous les gypses sur une distance à peu près équivalente à l'écart actuel entre la faille des Sagnes et le front de la nappe au sud-est d'Astoin (fig. 10), c'est-à-dire de l'ordre de deux à trois kilomètres.

Sur la rive opposée de la vallée du Sasse, à la crête des Vergères, la base de la nappe s'accompagne d'une masse également assez importante de Trias gypsifère et dolomitique. Celle-ci, peu disloquée, est en accordance avec la suite de la succession stratigraphique de la nappe et n'appartient donc pas au paléo-diapir de la klippe du

Cerveau, mais cet épaississement de sa semelle triasique de la nappe s'explique sans doute par la proximité originelle de ce diapir.

3.2.2. Entre la Grande Gautière et Bayons

Les plis de la partie nord de l'écaille de Valavoire (anticlinal de Bramefan et synclinal de Bayons) y sont rompus par un système assez complexe de fractures dont l'élément majeur est constitué par des failles coulissantes (fig. 6 et 11).

Le décrochement de Serre Reynaude, qui limite du côté nord la klippe du Cerveau, en fait partie au même titre qu'une gerbe de décrochements mineurs, d'orientation voisine mais un peu divergents vers l'ouest, qui hachent cette klippe plus au sud : l'un d'entre eux sépare notamment, au nord-ouest de Rébéié, les derniers affleurements liasiques du Cerveau de ceux du Trias du reste de la klippe (fig. 6 et 11).

Plus importante est la **faille de Rouinon** (fig. 6) qui tranche le synclinal de Bayons au nord de la pointe d'Eyrolle. Plus à l'ouest elle décale de plus d'un kilomètre, dans le sens dextre, l'anticlinal du Bramefan. Elle se connecte à angle droit, entre le Parustre et le Rocher Chabrier, avec la **faille de Forest Lacour** (fig. 11), N120, à rejet à la fois sénestre et chevauchant vers le nord, sans se poursuivre dans les Terres Noires du flanc est du synclinal du Saint-Amand (l'on ne trouve là que des surfaces de chevauchement mineures).

La faille de Rouinon a un dessin, une direction et un jeu qui sont comparables à ceux du décrochement de Serre Reynaude. Avec celle de Forest Lacour elle délimite un

dièdre effondré, au coeur duquel se trouve logée la klippe du Cerveau. Cet ensemble triangulaire, qui s'est donc avancé vers l'ouest, sera désigné du nom de « **poinçon du Parustre** » (fig. 6 et 11).

3.2.3. Vue d'ensemble

3.2.3.1. Poinçonnement horizontal de l'écaille de Valavoire par la nappe

- Le dispositif des failles de la partie nord de l'écaille de Valavoire réunit en fin de compte deux caractères majeurs (fig. 11) :

(1) Il s'organise en un système de poinçons emboîtés pointant vers l'ouest - sud-ouest, dont le plus externe (*poinçon du Parustre*) est dessiné par l'assemblage de la faille de Rouinon avec celle de Forest Lacour et dont le plus interne n'est autre que le saillant d'Astoin, que dessine la limite du Lias épais de la nappe.

(2) Les failles de la branche nord de ce système convergent vers le nord-est en direction d'Astoin (peut-être traversent-elles la masse triasique du Haut Soleil, mais on ne saurait les y suivre). C'est-à-dire qu'elles s'organisent en une gerbe de failles coulissantes qui divergent autour du saillant d'Astoin.

Ce dispositif conduit à considérer que le saillant d'Astoin a été découpé avant le charriage, en liaison avec la montée d'un ancien diapir à la frontière entre le domaine de la nappe et celui de l'écaille de Valavoire (fig. 10). La conjonction de ces deux éléments explique bien que la nappe ne se soit pas avancée ici en chevauchant cette écaille, puisque le saillant d'Astoin était en position idéale pour s'emboutir dans l'ancien diapir, qui offrait évidemment moins de résistance à son avancée. On comprend alors que la masse de matériel triasique ainsi bousculée ait transmis l'impulsion vers l'ouest jusqu'au flanc oriental de l'anticlinal du Bramefan, créant ainsi le système, plus occidental, du poinçon de failles du Parustre (au coeur duquel est maintenant logé ce Trias).

- L'orientation de la bissectrice du poinçon du Parustre, voisine de N80, et celle des plis du Lias du Cerveau, proche de N-S, témoignent de ce que *la direction du mouvement du bord de la nappe était ici dirigé presque E-W*. Cette direction n'est pas assez méridienne pour être cohérente avec un raccourcissement N30, ce qui veut dire qu'il y a eu, dans le secteur d'Astoin, une *déviatation locale, de sens horaire, de la direction du déplacement du front de la nappe*. Cette conclusion est en parfait accord avec la torsion de même sens qu'ont enregistré, plus au nord, la faille de la Frayssinie et le synclinal des Martins, aux approches nord d'Astoin (fig. 3), ainsi qu'avec l'accroissement, du sud vers le nord, de la flèche du chevauchement des Sarces (fig. 6).

Mais c'est là une particularité locale, qui disparaît plus à l'est. En effet sur la rive sud-est de la vallée du Sasse, dans le secteur d'Esparron (voir ci-après, 3.3.3.), l'on observe seulement les effets, plus courants le long du front de la nappe, d'un raccourcissement N30. Ce

changement vient sans doute de ce que le secteur d'Esparron était très l'écart de la zone d'action du poinçon d'Astoin, puisque celui-ci pointait plutôt vers l'ouest.

3.2.3.2. Origine du matériel du Cerveau

Le caractère assez réduit de la succession du Lias-Dogger du Cerveau pose problème car il suggère plus son appartenance originelle au domaine du Lias de Turriers qu'à celui de l'écaille de Valavoire, auquel il fait pourtant place, du côté du nord-ouest, à la crête d'Eyrolle (fig. 6). Dans le contexte structural qui vient d'être exposé cela oblige d'admettre que le matériel du diapir a subi, préalablement à son poinçonnement vers l'ouest, un déplacement du nord vers le sud. En d'autres termes l'extrémité nord de l'écaille de Valavoire a dû être tranchée par le *jeu précoce d'une cassure coulissante dextre*, avant que le charriage ne la déforme. Ce n'est pas une hypothèse difficile à admettre car elle s'inscrit bien dans le contexte général des déformations de ce secteur, qui implique déjà (voir 3.1.2.) de tels coulissements (fig. 10).

3.2.3.3. Indices de morphotectonique

Plusieurs faits amènent à penser que le dispositif d'Astoin-Parustre s'est mis en place alors que les masses rocheuses concernées étaient proches de la surface topographique de l'époque. Le premier est que diapir du Haut-Soleil, et *a fortiori* le flanc oriental de l'anticlinal du Bramefan devaient constituer des reliefs saillants pour faire ainsi l'objet d'un poinçonnement horizontal. Le second est la présence de conglomérats fluviatiles grossiers (d'âge inconnu) pris sous le Trias de la klippe du Cerveau et de la Grande Gautière. Ce fait est à rapprocher de l'âge des ultimes mouvements de la nappe de Digne, qui l'ont aussi amené à chevaucher, au sud-ouest de cette localité, du matériel *plio-quatenaire*. Le poinçonnement de l'écaille de Valavoire par la nappe ne s'est donc vraisemblablement pas produit avant cette époque tardive, où le cisèlement des reliefs était déjà bien avancé.

3.3 Les environs d'Esparron

Ils sont caractérisés par la présence du synclinal d'Esparron et des écailles de Combovin, qui chevauchent le flanc oriental de ce pli (fig. 12).

3.3.1. Le synclinal d'Esparron

3.3.1.1. Extension et corrélations

Ce pli majeur se superpose en travers au large synclinal anté-oligocène de Reynier dont les flancs nord et sud sont tranchés en oblique par la discordance de l'Oligocène, respectivement au NW d'Esparron et au NW des Monges (fig. 3 et 13). Cette discordance se manifeste, entre la crête du Patège et celles de rive droite du vallon d'Esparron, par le fait que les couches basales

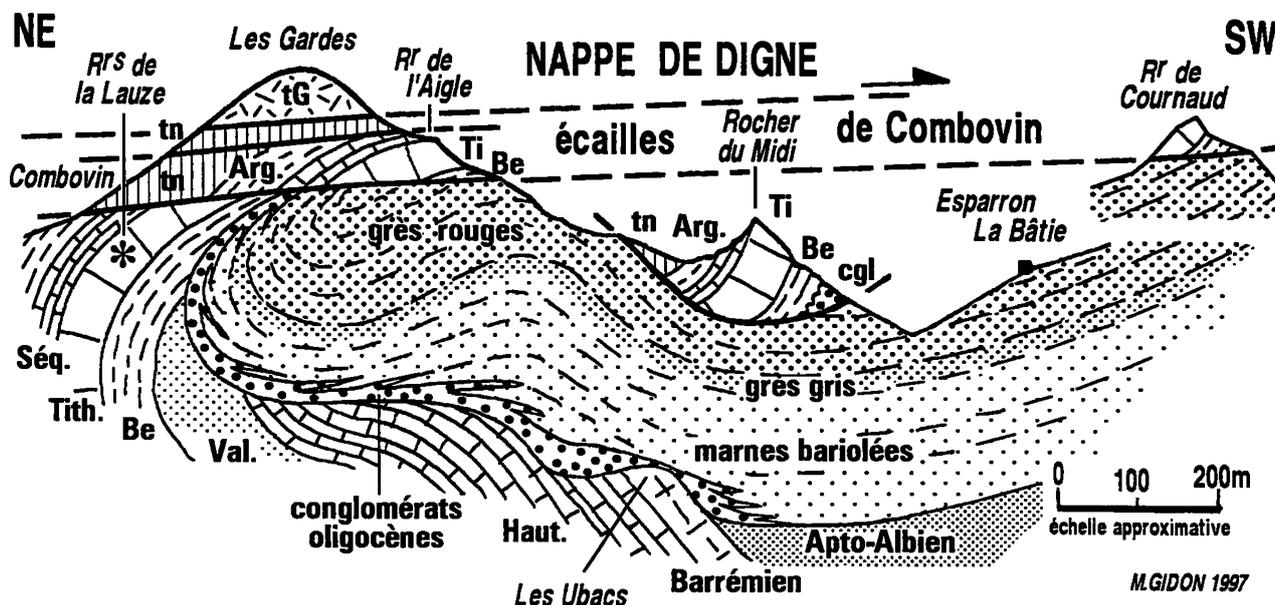


FIG. 12. – Coupe schématique du synclinal d'Esparron (passant plus au sud que le synclinal du Patègue).

Les écailles de Combovin, traînées par la nappe de Digne, sectionnent les replis et les deux flancs du synclinal d'Esparron et passent au-dessus des paquets glissés inclus dans l'Oligocène du flanc est et du coeur du synclinal d'Esparron.

de la Molasse Rouge (qui plus à l'est reposent en accordance sur l'Albo-aptien) tranchent en biseau de plus en plus accentué, à partir de la charnière vers le nord, les termes de plus en plus anciens de la série (Crétacé puis Jurassique supérieur) de ce flanc de pli. Les onlaps des bancs de conglomérats basaux de l'Oligocène montrent en outre que, comme plus au sud dans la demi-fenêtre de Barles, ces flancs de plis constituaient alors des reliefs que la sédimentation n'a ennoyés que progressivement.

Vers le nord-ouest, le synclinal d'Esparron se prolonge sans hiatus, au-delà des limites d'affleurement de l'Oligocène, par le synclinal de Tithonique du Saint-Amand, au prix d'une torsion d'axe qui le décale vers le sud-ouest (fig. 3). Il est vraisemblable que le synclinal du Caire en représente le prolongement au nord-ouest de la faille de Vermeil : en effet ce dernier pli, qui affecte la marge orientale de l'autochtone proprement dit, est lui aussi le pli le plus oriental dans lequel il reste des terrains crétacés sous l'Oligocène.

Du côté sud-est ce même critère conduit à voir le synclinal d'Esparron se prolonger par le synclinal le plus oriental de l'autochtone de Barles, celui des Sauvans : cela corrobore les corrélations déjà proposées [Gidon et Pairis, 1992] sur la base de l'analyse des caractères des plis successifs. Il en découle que la correspondance est complète, tant par leur position que par leur constitution entre les écailles de Combovin et l'« unité intermédiaire » [Gidon, 1989], qui est étirée sous le charriage de la nappe, en rive gauche du Bès [Gidon et Pairis, 1992].

Ces corrélations soulignent que l'écaille de Valavoire assurait originellement la continuité NW-SE entre l'autochtone de La-Motte-du-Caire et celui de Barles. Ce n'est donc pas un élément d'origine lointaine.

3.3.1.2. Géométrie

Bien que son flanc sud-ouest, très monoclinale, soit régulièrement orienté N130, celui-ci se raccorde au flanc nord-est par l'intermédiaire d'un dispositif synclinal complexe, impliquant deux familles de charnières, d'orientations axiales différentes, qui se relaient, car elles ne se raccordent pas mais ne s'entrecroisent pas non plus (fig. 13).

- La première famille est celle du pli principal, dont l'axe (qui suit à peu près le cours du torrent du Riou du Pont) est orienté N130. Ce pli est nettement déversé vers le sud-ouest puisque son flanc nord-est se renverse même complètement dans les hautes pentes (entre Arème et le Rocher de l'Aigle). Il est en outre dédoublé par le repli anticlinal de l'Adrech, lui aussi d'axe 130 et fortement déversé vers le sud-ouest (fig. 12).

- La seconde famille est représentée par la spectaculaire charnière synclinale du Patègue (fig. 13), que tranche la crête de ce nom, entre Esparron et Reynier. Ce synclinal, d'axe presque E-W (N95) plongeant vers l'est est doté d'un plan axial fortement penté (schistosité inclinée de 70° vers l'est à la charnière). Il s'accidente d'un repli anticlinal, de flèche décimétrique, comme lui presque droit et d'axe nettement plongeant vers l'est. Ces plis du Patègue s'amortissent dans le flanc SW du synclinal principal d'Esparron, avant d'atteindre l'autre ver-

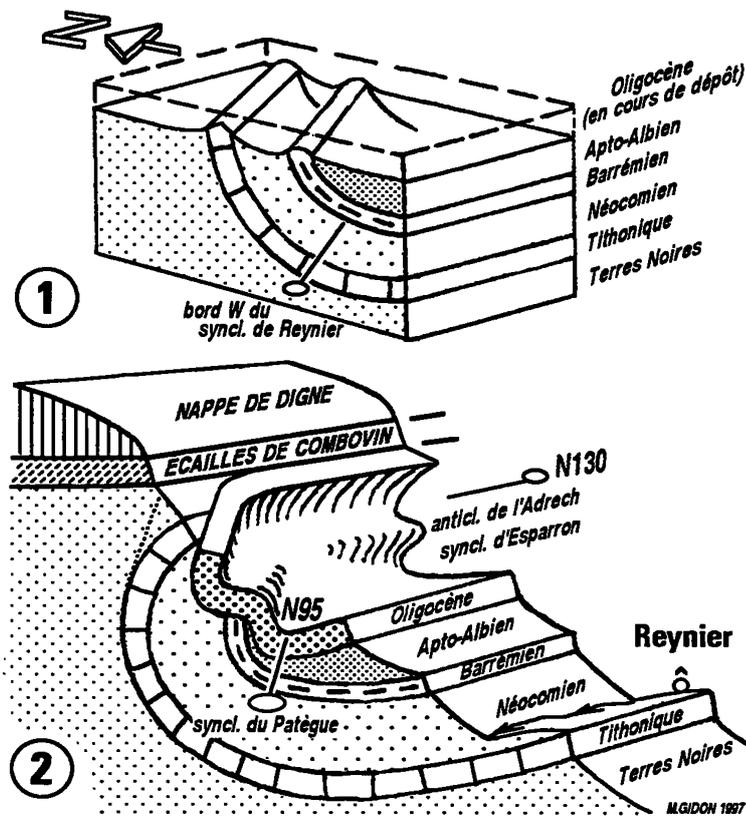


FIG. 13. – Deux étapes d'évolution du synclinal d'Esparron : 1 - Lors de la transgression oligocène. 2 - État actuel (cf. fig. 12).

Le synclinal du Patège, qui relie celui d'Esparron au prix d'une torsion axiale, se situe à l'aplomb du bord nord-ouest de la cuvette de Reynier, ce qui suggère que cette disposition ait été induite par une sorte d'héritage structural du plissement anté-sénonien. De fait le synclinal d'Esparron retrouve une direction axiale "normale", N130, lorsque (du fait de la profonde érosion paléogène du front nummulitique) cette armature calcaire disparaît du soubassement de l'Oligocène ; de plus c'est là aussi que se produit la rupture du flanc est du synclinal d'Esparron, qui s'exprime par l'apparition des écaïlles de Combovin.

sant du vallon d'Esparron, où se cantonnent les autres plis. En fait le plongement vers l'est des plis du Patège correspond à la fois au fait qu'ils se terminent par plongement périclinal et au fait qu'ils s'inscrivent sur le flanc ouest d'un synclinal 130. Vers le nord-ouest au contraire le synclinal du Patège correspond exactement à celui du Saint-Amand, dont le coeur de marnes apto-albiennes dessine joliment la charnière. Il est remarquable que le secteur où s'opère le relais entre le synclinal du Saint-Amand et celui d'Esparron proprement dit, par l'intermédiaire du synclinal oblique du Patège, coïncide avec le flanc nord du synclinal anté-oligocène de Reynier (fig. 13). Cette dernière circonstance fait penser que l'orientation presque E-W du synclinal du Patège provient de ce que le plissement post-oligocène a commencé par reprendre, en le refermant, un pli anté-oligocène et a ainsi hérité de sa direction axiale. Toutefois l'examen du contexte plus large (fig. 3) montre que ce relais traduit aussi une

torsion sigmoïde sénestre du Tithonique qui arme le flanc nord-est du synclinal du Saint-Amand. Cette torsion est tout à fait symétrique de celle, dextre, induite (entre le Rocher Chabrier et le Bramefan) par la terminaison méridionale de la faille de Rouinon. Cette géométrie peut représenter aussi l'effet le plus méridional de l'emboussage de l'écaïlle de Valavoire par le poinçon d'Astoin.

3.3.2. Les écaïlles de Combovin

Le flanc nord-est du synclinal d'Esparron est rompu par des chevauchements à vergence sud-ouest, qui ne sont qu'assez peu visibles sur le versant d'Esparron, où ils rebrousse et sectionnent le flanc est du synclinal (fig. 12). Ils se suivent longuement, presque selon une courbe de niveau, à flanc des versants qui tombent sur Bayons (bois de Combovin). Leur parallélisme presque parfait avec la surface de la nappe suggère déjà qu'il s'agit de copeaux entraînés sous cette dernière.

Ils délimitent deux lames de terrain d'épaisseur hectométrique à l'intérieur desquelles le Tithonique et les formations qui l'encadrent sont affectés de plis bien organisés. Ceux-ci sont tranchés par les surfaces de chevauchement selon une géométrie qui ne laisse pas de doute quant à l'antériorité de ces plis vis-à-vis du chevauchement : il s'agit à l'évidence de fragments du coeur tithonique du synclinal de Bayons, qui ont été sectionnés et transportés vers le SW.

C'est à ces écaïlles qu'il faut également rapporter la petite klippe de Tithonique du Rocher de Cournaud trois kilomètres au sud-est d'Esparron. Elle est posée sur le flanc ouest du synclinal d'Esparron, ce qui montre que la surface de chevauchement est *sécante par rapport à ce pli*, donc plus tardive.

La situation des écaïlles de Combovin est donc identique à celle de l'« unité intermédiaire » du Bès [Gidon, 1989], qui s'est constituée aussi par l'entraînement sous la nappe de Digne du flanc oriental du synclinal Esparron - Sauvans [Gidon et Paris, 1992].

En ce qui concerne la direction de déplacement de ces chevauchements, le seul indice, en l'absence de données microtectoniques claires, est constitué par les dispositions observées dans le ravin de Combovin : la surface de chevauchement de l'écaïlle inférieure y passe en effet à des surfaces de coulissement sénestres orientées en moyenne N65 (qui sont donc cohérentes avec un serrage N30).

3.3.3. Les déformations antérieures au plissement du synclinal d'Esparron

3.3.3.1. Indices d'un cisaillement chevauchant précoce

Les conglomérats oligocènes qui tapissent en onlap le Barrémien du flanc nord du synclinal du Patègue s'effilent et se diluent vers le sud dans les marnes oligocènes. Toutes ces couches sont affectées de micro-failles inverses à rejet métrique et vergence sud qui portent des stries orientées N30 (compatibles donc avec la direction moyenne du plissement post-oligocène). Il est significatif que leurs surfaces de cassure pendent d'environ 30° vers le N120, ce qui veut dire qu'il sont à la fois enroulés par le plissement du synclinal du Patègue et basculés comme son axe. Des imbrications analogues à tous égards s'observent aussi dans l'Oligocène du flanc est du synclinal d'Esparron (voir 3.3.3.2.).

Cela montre que le plissement du synclinal du Patègue et le renversement du flanc est du synclinal d'Esparron sont, l'un comme l'autre, postérieurs à un écaillage à vergence sud. Ces chevauchements mineurs sont similaires à tous égards à ceux qui affectent les molasses rouges de l'anticlinal de la Maurière en rive gauche du Bès [Gidon, 1989]. Ces derniers, également enroulés par les plis, se montrent associés là à la mise en place de l'« **écaille d'Aiguebelle** » [Gidon, 1989], également antérieure au charriage de la nappe de Digne. Tous ces chevauchements précoces doivent en fait être rapportés à un épisode oligo-miocène car l'immobilisation de l'écaille d'Aiguebelle remonte au Langhien terminal (Miocène inférieur, fin des dépôts marin du secteur de Tanaron).

3.3.3.2. Indices d'une tectonique synsédimentaire finio-oligocène

Comme dans les plis post-nummulitiques de la région plus méridionale de Barles, le flanc nord du synclinal d'Esparron montre de beaux phénomènes d'onlap de la Molasse Rouge, qui indiquent que celle-ci s'est déposée en comblant les creux de paléoreliefs (qui étaient en fait le résultat de l'érosion incomplète des plis anté-nummulitiques).

D'autre part, au sud d'Esparron la Molasse Rouge est recouverte, dans le flanc est du synclinal, par des lambeaux dissociés de Jurassique et de Crétacé, renversés et garnis à leur face inférieure de conglomérats oligocènes basaux. Ils sont recouverts à leur sommet par de la Molasse Rouge et sont donc des olistolites. Or ces olistolites, notamment celui du Rocher du Midi (essentiellement tithonique) et celui du village du Pont (constitué de Terres Noires), sont logés au coeur même du synclinal et reployés avec lui (fig. 12). De plus la molasse qu'ils recouvrent montre des imbrications mineures, de la famille de celles décrites plus haut, qui déforment le contact basal des olistolites mais sont elles aussi basculées par le plissement.

Cela signifie que les mouvements dits "post-nummulitiques" ont débuté, avant même la fin du dépôt de la Molasse Rouge, par des phénomènes de collapse, en provenance du domaine où l'érosion avait mis à nu les Terres Noires, accompagnés de chevauchements dans leur substratum. Il s'agit là de phénomènes très comparables à ceux auxquels paraissent attribuables les écailles de Faucon, même s'ils en diffèrent en ce qui concerne la direction du mouvement, ici N30 (et non N110) d'après les indices microtectoniques.

Dans les pentes situées au SE d'Esparron (Les Moures, ravin de la Garnaysse) il est difficile de faire la part entre ce complexe olistolitique du sommet des Molasses Rouges et les écailles de Combovin. La cause en est certainement que l'ensemble olistolitique a été tectonisé de nouveau lors de la formation des écailles de Combovin.

D'autre part la situation des olistolites d'Esparron est assez analogue à celle des lambeaux jurassiques qui jalonnent la base de la nappe dans la coupe du Bès [Gidon et Pairs, 1992] et leur constitution est remarquablement semblable (même discordance de conglomérats oligocènes sur le Jurassique ou le Crétacé). Certes ces derniers appartiennent à l'"unité intermédiaire", donc au flanc NE du synclinal d'Esparron, mais cette unité est tout à fait susceptible d'englober de tels olistolites, non reconnaissables car débités en tranches par l'étirement de ce flanc de pli.

En définitive trois étapes de déformation, au moins, se sont succédées dans le secteur d'Esparron :

(1) La première a soulevé la zone qui avait été érodée jusqu'aux Terres Noires, au point que des olistolites se sont détachés de sa marge ouest. Cette étape, qui s'accompagne de la fin du dépôt de la Molasse Rouge, correspond par sa chronologie et par son processus à celle de la formation des écailles de Faucon.

Le cisaillement tangentiel (à vergence sud) enregistré en outre par les Molasses Rouges peut difficilement être mis entièrement sur le compte de ces glissements : il indique probablement qu'il régnait déjà un régime de compression, ce qui tendait à faire chevaucher vers le sud ce domaine surélevé.

(2) Le matériel ainsi mis en place (par écaillage et par collapse) a ensuite été plissé.

(3) Il a été plus tard tranché et entraîné par le passage de la nappe, ce qui a formé, à Esparron, les écailles de Combovin et, dans la vallée du Bès, l'unité intermédiaire.

Au demeurant toutes ces déformations s'avèrent s'être déroulées avec une direction de raccourcissement N30, ce qui confirme qu'il n'y a pas eu de modification du champ de contraintes pendant que ces étapes se succédaient. Cela a pour conséquence que l'orientation particulière des écailles de Faucon ne saurait résulter d'une modification de ce champ de contraintes et doit découler de causes purement locales, liées sans doute à l'orientation des pentes et donc des accidents à l'origine du glissement collapse.

4. - QUELQUES PROBLEMES GÉNÉRAUX

L'étude des Baronnies orientales apporte des données qui éclairent un certain nombre de questions qui intéressent la nappe de Digne dans son entier, depuis son extrémité nord, en rive droite de la Durance, jusqu'à son extrémité sud, entre Digne et Barrême.

4.1. Les amas d'évaporites triasiques associés à la nappe de Digne

Le plus souvent le front d'érosion de la nappe est régulièrement frangé, sous les dolomies et argilites du Keuper, par une lame de gypses et cargneules, assez régulière et mince (métrique à décamétrique), qui a l'aspect d'une semelle de décollement. Plus exceptionnellement on y rencontre d'importantes accumulations de matériel triasique (d'épaisseur et d'extension pluri-hectométriques), qui se caractérisent par la présence, en plus ou moins grande quantité, de dolomies et calcaires dolomitiques du Muschelkalk et par une désorganisation plus ou moins poussée des strates. Les principaux sites correspondants sont, du nord au sud et d'ouest en est (fig. 14) :

- les gorges du torrent de Clapouse, à l'ouest de Bréziers (une montée diapirique de trias gypseux y traverse le Lias de la nappe à La Gineste, fig. 6) ;
- la colline de Rousset (rive gauche de la Durance) ;
- le Caire ("la Roche", en rive droite du Grand Vallon) ;
- les environs d'Astoin et de Bayons (montagnes du Haut-Soleil et du Cerveau) ;
- le « complexe chaotique de Barles » [Gidon et Pairis, 1992], au nord-est de cette localité (crête de Pégneli et ravin de la Boulette) ;
- la bande du Pas de Materonne, au nord de La Robine, qui court d'est en ouest depuis la vallée du Bès (Maléfiance) jusqu'en rive droite de celle de la Galabre (col d'Ainac).
- les abords sud-est de Chabrières (sommet du Suy et bas vallon de Couinier), dans la vallée de l'Asse.

La question de l'origine de ces affleurements n'a jamais été posée en les examinant dans leur globalité, mais seulement dans le contexte local de quelques-uns de ces points. En particulier les affleurements de la vallée du Bès ont été considérés par certains auteurs [Grandjacquet et Haccard, 1973] comme le résultat d'une resédimentation post-miocène de matériel essentiellement triasique (olistolites à matrice d'évaporites), qui se serait accumulé dans une dépression due à l'érosion messinienne. Cette interprétation n'est ni réellement étayée dans les secteurs où elle a été proposée, ni *a fortiori* généralisable [Arnaud *et al.*, 1976 ; Debelmas *et al.*, 1978 ; Gidon et Pairis, 1992].

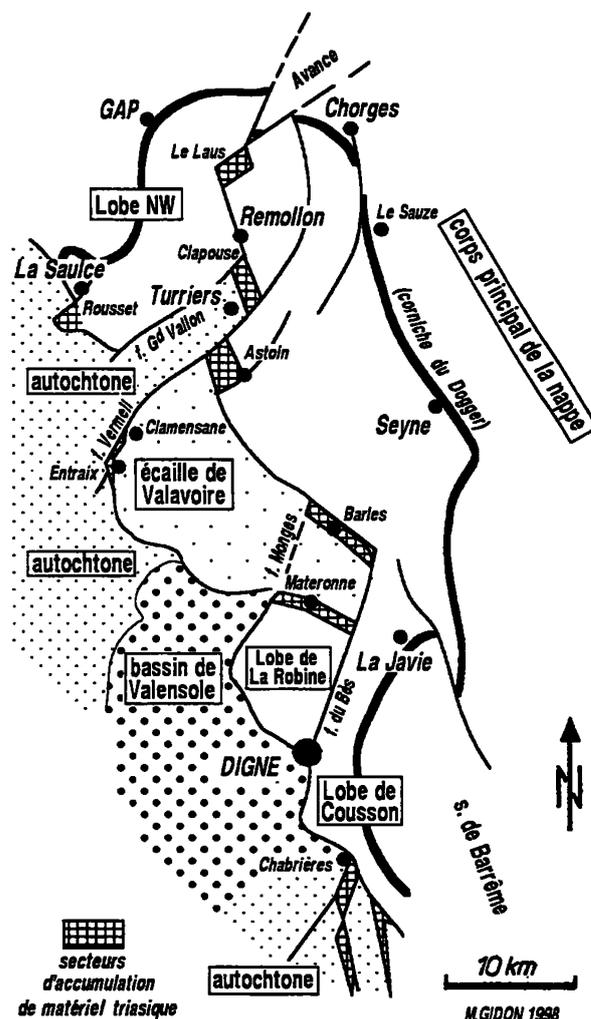


FIG. 14. - Carte schématique montrant la répartition des accumulations de Trias gypsifère entre Gap et Barrême.

Leur localisation, pour la plupart dans des redents du front de la nappe de Digne (qui s'avèrent en plusieurs points être des intersections de failles), répond bien au schéma d'une déchirure extensive en pull-apart.

Dans la plupart des cas ce matériel triasique se rattache sans difficulté, en tant que semelle stratigraphique, au Jurassique voisin, et n'est qu'en partie disloqué. À Rousset, au Caire ou dans la bande de Materonne, une bonne partie du matériel est correctement stratifiée sous Lias de la nappe, qui le recouvre en concordance, et la masse disloquée l'a vraisemblablement été par le chevauchement. À Bréziers, à Astoin et à Chabrières, le matériel triasique se rattache au contraire à la base stratigraphique d'unités indépendantes de la nappe, savoir l'écaïlle renversée de Clapouse dans le premier cas, l'écaïlle de Valavoire dans le second, enfin l'anticlinal autochtone de Beynes et les lames imbriquées du faisceau décrochant du Poil, en rive gauche du Sasse, dans le dernier. En outre l'amas triasique gypsifère d'Astoin s'est déplacé solidairement de la nappe, à laquelle il était lié

par un contact latéral qui est sans doute une faille antérieure au charriage (3.2.1.), ce qui porte fortement à y voir un diapir décapité par l'avancée du front de la nappe.

Il est enfin remarquable et certainement significatif que la localisation de ces amas correspond à des endroits où des accidents de direction voisine de nord-est - sud-ouest rencontrent la limite entre la nappe et son avant-pays (fig. 14). L'analogie entre les directions des lignes tectoniques qui se rencontrent là et celles du réseau des cassures du Dôme de Remollon étaye l'idée d'une parenté avec les diapirs de la vallée de l'Avance (qui ont fait remonter, eux aussi, des termes antérieurs au Keuper). Or c'est bien à une telle interprétation que conduit aussi l'étude de la masse triasique d'Astoin. On est donc conduit à voir dans ces amas gypsifères un chapelet d'anciens diapirs, jalonnant le tracé d'une **déchirure en zigzag** qui aurait été reprise, lors du charriage, comme ligne de détachement frontal de la nappe de Digne (fig. 15B). Le fait que cette zone de faiblesse et d'ascension diapirique coïncide avec le tracé de la dorsale du front nummulitique, qui a précisément été soulevée et profondément érodée au Paléogène, est particulièrement cohérent avec cette interprétation.

La géométrie de ce dispositif trahit un système de failles **en pull-apart** [Gidon, 1985]. Compte tenu de l'orientation des cassures du réseau ainsi défini (qui suppose un coulissement dextre sur les accidents N160) ce système a dû jouer à l'ouverture dans un contexte de compression N30. Cette direction serait compatible avec le système de contraintes qui a présidé au plissement post-oligocène, axé N120, n'était le fait que la composante extensive du régime de déformation que suppose ces déformations est horizontale dans le premier cas tandis qu'elle est verticale dans le second (fig. 18). Cette déchirure a donc dû intervenir avant le plissement fini-

oligocène, ce qui s'accorde avec le fait que le diapir de Naux (à l'est de Sisteron) est cacheté par de l'Oligocène aussi bien qu'avec l'âge de -35 MA obtenu pour divers autres diapirs des Baronnies [Bellon et Perthuisot, 1980]. Cette datation s'oppose à l'idée de combiner ce jeu en pull-apart avec le déplacement de la nappe [Gidon et Pairis 1986]. Cette idée ne s'avère, par ailleurs, guère pertinente car les failles subméridiennes du système ont été passivement tordues en azimut ou basculées en chevauchements, plutôt que réactivées à l'occasion du charriage (voir 4.3.).

Un même serrage NNE-SSW s'est donc successivement exercé dans deux contextes successifs, d'abord

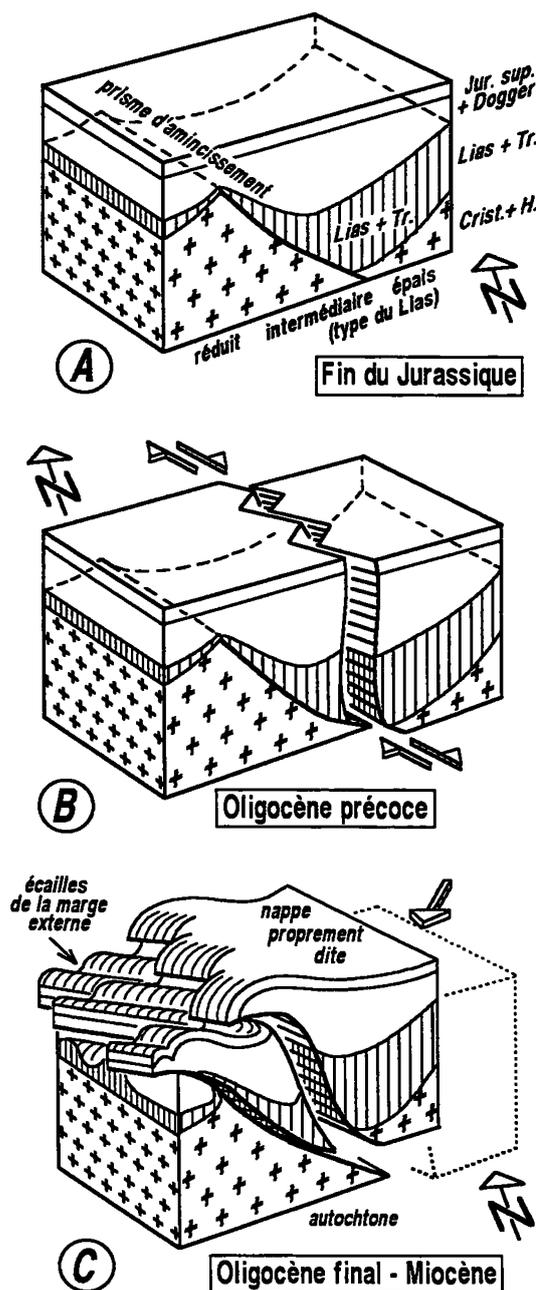


FIG. 15. – Processus du découpage en unités chevauchantes du dispositif de la nappe de Digne.

A - Un accident extensif de socle a créé le paléograbén des séries épaisses.

B - La reprise de cette cassure, en coulissement (et non en chevauchement), induit une déchirure en pull-apart de la couverture, ce qui ouvre des montées diapiriques. Cette déchirure se situe à l'aplomb de la limite du socle effondré, à l'est du prisme des sédiments (de plus en plus minces vers l'ouest) appuyés sur la partie non réactivée de la paléofaille.

C - Le jeu ultérieur, en faille inverse ("inversion"), de l'accident de socle amène le détachement de ce prisme, à partir duquel se forment les écailles de la marge externe (notamment celles de Valavoire et de La Robine). Puis la série épaisse de l'hémigraben part à son tour en chevauchement, en utilisant la déchirure du pull-apart, et déborde alors sur ces écailles (c'est une étape précoce de ce charriage final qui est représentée).

Ce schéma ne prend pas en compte les deux paramètres supplémentaires introduits (1) à l'étape A, par l'existence du Linéament de Clamensane (voir fig.19), (2) à l'étape B, par le bombement de la zone de la déchirure en pull-apart, qui coïncide avec la dorsale du front nummulitique.

extensif au début du Nummulitique, puis compressif dans le plan horizontal à l'Oligocène (fig. 18, 1 et 2). Il est séduisant d'envisager que ce changement de régime tectonique soit dû au serrage induit dans l'autochtone par l'arrivée des nappes internes, ce qui s'accorde avec les données microtectoniques qui montrent que l'impulsion qui a déclenché le déplacement de la nappe provenait de ce domaine [Siddans, 1977].

4.2. La question de l'« enracinement » du chevauchement de la nappe de Digne

Elle comporte deux aspects :

4.2.1. Relations tectoniques entre le matériel sédimentaire de la nappe et le socle cristallin.

Une question qui est posée depuis plusieurs décennies, est de savoir s'il y a eu décollement de couverture ou si le socle a participé au charriage. La première réponse est immédiatement suggérée par la régularité que présente en général la semelle d'évaporites triasiques qui forme la base de la série charriée. La seconde hypothèse trouve des appuis (1) dans les relations purement stratigraphiques qui règnent par places entre la série sédimentaire et son soubassement anté-Keuper (anticlinaux de Trias médio-inférieur à cœur de Houiller dans les cluses de Verdaches et de Trias médio-inférieur à Maléfiance dans la vallée du Bès) et (2) dans la présence de copeaux cristallins entraînés à la base de la nappe, à Rousset et au Pas de Blayeul près de Barles (toutefois ni l'affleurement de socle cristallin de la chapelle Saint-Roch, à Remollon, ni celui de Chaussenoire dans la vallée de l'Avance, ne fournissent d'éléments dans ce débat, en raison de leur rapports imprécis avec la couverture).

4.2.2. Nature de la configuration qui a déterminé l'emplacement du front de la nappe

On a volontiers admis, par simplification et par suite du contraste souvent observé dans une même transversale entre la série de la nappe et celle de l'autochtone, que le front originel de la nappe correspondait à une ligne de changement brutal de faciès du Lias entre ces deux domaines [Gidon, 1982]. Or les données fournies par les deux extrémités du chevauchement, c'est-à-dire là où l'érosion a enlevé une quantité minimale de matériel au front de la nappe, prouvent que ceci est inexact :

- À La Saulce la succession jurassique du front de la nappe est déjà affectée d'une réduction par plus de trois de son épaisseur et cet amincissement ne fait que se poursuivre, toujours d'une façon très transitionnelle, dans l'écaille de Barcillonnette, sans atteindre d'ailleurs les caractères que l'on observe aux abords sud-est de Digne.

- À l'extrémité méridionale du chevauchement de la nappe de Digne, la transition, progressive sur une dizaine

de kilomètres, s'amorce au front du lobe de Cousson et se poursuit dans le faisceau de plis du Poil.

- Entre les deux une même transition progressive s'observe également, d'une part au sein de l'écaille de Valavoire et d'autre part dans le lobe de La Robine.

La bordure occidentale du domaine du Lias épais correspondait donc à une zone de *transition tout à fait progressive*, large et sans accidents paléotectoniques connus, sans doute oblique au front de la nappe et moins méridienne que lui, qui a été incorporée le plus souvent aux écailles et lobes de sa marge occidentale. Ceci atteste d'une paléopente modérée, ressemblant plus à celle montant depuis l'hémigraben vers la crête dans un bloc basculé, qu'à celle forte et brève de cet abrupt.

On doit donc se demander si ce schéma de bloc basculé ne doit pas être abandonné au profit de celui, plus anciennement traditionnel, d'une voussure du socle (qu'il s'agisse d'un bombement ou d'un horst composite). Cette interrogation est d'autant plus justifiée que le *seul accident important dont l'activité jurassique soit vraiment démontrée*, savoir le linéament de Clamensane, a une orientation nettement oblique au front de la nappe. Ce point est important car si une telle conclusion s'avérait exacte, cela rendrait caduc le schéma d'une inversion [Gidon, 1982], où la formation de la nappe est due à la transformation en chevauchement d'une paléocassure extensive du socle.

En fait une solution satisfaisante semble se trouver dans un schéma intermédiaire (fig. 15), toujours basé sur la présence supposée d'un paléoaccident de socle, mais qui n'envisage pas que celui-ci ait joué en inversion (par chevauchement) dès la toute première individualisation du domaine de la nappe en tant qu'unité tectonique. En effet la phase d'extension par pull-apart qui a été mise en évidence ci-dessus peut être attribuée à un rejeu coulissant dextre des blocs de socle, **avant tout serrage** : dans un tel contexte c'est à l'aplomb de la marge du bloc effondré (et non à l'aplomb de la crête du bloc soulevé voisin) qu'a dû se localiser la déchirure que ce rejeu a induit dans la couverture (fig. 15, 2). Plus tard, par le jeu d'une inversion classique et aux dépens du prisme sédimentaire qui s'appuyait sur la paléofaille, (fig. 15, 3) se détacheront, à l'avant du futur front de la nappe ainsi défini, les écailles (ou « lobes ») qui le frangent du côté ouest. Enfin, dans une étape ultime, lorsque la résistance à l'avancée de ces écailles sera suffisante, cette déchirure sera transformée en chevauchement et formera le front de la nappe.

Il est clair qu'un tel schéma n'est acceptable qu'à la condition que le rejet horizontal de la faille listrique liasique ait été suffisant pour dénuder sur une largeur de plus de dix kilomètres le soubassement anté-liasique de sa lèvre occidentale, puisque telle est la largeur du prisme d'amincissement des séries jurassiques censées reposer

3 - Ce cisaillement se manifeste aussi par la torsion, aux abords orientaux de Chorges, du flanc oriental de l'anticlinal de Remollon. Il apparaît donc comme le principal responsable de la forme en coupole de ce dôme. D'ailleurs la culmination axiale à laquelle correspond le sommet du dôme se place remarquablement à l'aplomb du prolongement du poinçon d'autochtone constitué par le redent de Turriers : en somme *le poinçon de Turriers a créé le dôme de Remollon*, en s'engageant sous la dalle de la nappe (fig. 19/4).

4 - Le poinçonnement de la nappe par le redent de Turriers explique aussi *l'ouverture du graben de l'Avance* (fig. 4 et 16). Ce fossé triangulaire, qui s'ouvre dans l'axe du redent et de la culmination du dôme (mais sur le flanc opposé de ce dernier) se situe précisément à l'endroit où s'observent les indices microtectoniques d'un pivotement dans le sens horaire du flanc nord-est de l'anticlinal de Remollon [Vergne, in Gratier *et al.*, 1973]. Son ouverture constitue une réponse très vraisemblable à la traction qu'a dû exercer cette rotation sur ce flanc de pli. Dans cette interprétation elle serait donc chronologiquement liée à l'avancée finale de la nappe de Digne. De fait la faille du bord nord-occidental de ce graben (*Faille de la Bâtie Neuve*, fig. 4) coupe, entre Chorges et la vallée du Champoléon, le système des nappes internes déjà empilées dans le massif de Piolit : elle est donc tardive par rapport au charriage de ces nappes (c'est-à-dire miocène ou post-miocène).

Au total le corps de la nappe a subi, en liaison avec son poinçonnement par le redent de Turriers, une *rotation de 30° dans le sens horaire, autour du diapir du Laus*. Cette conclusion est en accord avec l'accroissement que semble manifester sa flèche de chevauchement en direction du sud (fig. 18).

4.3.3. L'inflexion du Bès

Elle s'exprime par le dessin sigmoïde qui affecte l'ensemble de la dalle jurassique entre une ligne Seyne - Barles et une ligne Digne - La Javie (fig. 16) : entre deux tronçons orientés "normalement" (c'est-à-dire NW-SE), la partie de cette dalle comprise entre Barles et Digne prend en effet un azimut N0 à N20. Son raccord avec les tronçons « normaux » est assuré au nord, par l'anticlinal transverse du Blayeul, à fort plongement NE, et au sud par le très large synclinal de Marcoux, également transverse et plongeant vers l'est.

Cette sinuosité se manifeste très bien par la torsion, jusqu'à plus de N160, des axes des plis des environs de Verdaches, orientés N120 en dehors de cette transversale. Dans leur portion appartenant à l'inflexion ces plis sont biseautés par un système en échelons de failles décrochantes dextres, orientées N150 à N160, qui court vers le sud jusque dans le flanc oriental du synclinal de Barrême [feuille La Javie] : au niveau même de l'anticlinal transverse du Blayeul différents termes de la succession stratigraphique subissent un étirement qui est sans doute dû à

ces failles (mais cela n'a pas clairement été mis en évidence sur le terrain).

Cette inflexion sigmoïde trouve certainement sa cause dans le fonctionnement de la *Faille du Bès* qui déchire là le front de la nappe en deux lobes, celui de La Robine et celui de Cousson, plus oriental (fig. 16). En effet ces deux lobes n'ont pas un comportement solidaire, puisque celui de Cousson a progressé plus loin vers le sud-ouest et s'est moins plissé que celui de La Robine, ce qui aboutit à un fort décalage dextre de leurs fronts et correspond bien au mouvement de torsion de la dalle rocheuse de la nappe.

L'origine de cette déchirure n'est pas vraiment bien connue. Elle paraît liée au jeu d'un accident NE-SW de l'autochtone, qui limitait le bassin de Valensole du côté est et qui a émis des olistolites dans ce bassin dès le Miocène inférieur [Gidon et Pairis, 1992] : la nappe se serait donc déchirée à l'emplacement où son avancée lui a fait rencontrer l'indentation de la limite orientale du bassin créée par cet accident. Ce schéma, différent dans ses détails de celui de la région de Turriers, partage avec lui des analogies certaines : la première est le rôle qu'y jouent les sinuosités de la limite entre nappe et autochtone ; la seconde est le fait que là aussi se manifestent des indices de compression E-W, d'une part à la marge occidentale du lobe de la Robine [Faucher *et al.*, 1988] et d'autre part entre ce dernier et le lobe de Cousson qui chevauche son côté est.

En fin de compte il ressort de cet examen que les emplacements des bandes de cisaillement dextres qui affectent la nappe ont été déterminés par des particularités locales du front d'érosion de la nappe ou de la marge orientale de l'autochtone sur lequel elle s'avancait. Ces particularités, et notamment le découpage de cette zone limite par des accidents grossièrement NE-SW (comme le linéament de Clamensane ou la faille du Bès) ont généré des dispositions topographiques qui ont fait obstacle à l'avancée de la nappe et l'ont obligée à les contourner : il s'agit donc plus ou moins d'un processus morphotectonique.

4.4. Rapports entre plis NW-SE et plis N-S

Dans ses premières publications l'équipe des chercheurs grenoblois avait considéré que les plis subméridiens (de direction axiale proche de N160) étaient franchement néogènes (comme ceux, N20, des environs de Grenoble) [Gidon *et al.*, 1970 ; Gidon et Pairis, 1971]. Ceci semblait découler du fait que les mieux connus de ces plis courent parallèlement au front de la nappe, de ce que ce dernier est globalement N-S et enfin de ce que le charriage est essentiellement néogène. En définitive les choses sont moins simples car il s'avère que les plis subméridiens ne peuvent pas résulter d'une véritable phase tardive, bien individualisée, de serrage E-W, qui aurait déplacé la nappe selon une direction grossièrement perpendiculaire à la courbe enveloppe du front d'érosion actuel de la nappe. En effet :

1 - Les déformations observées au voisinage de la surface de charriage (notamment dans l'autochtone de la vallée du Bès, mais aussi au nord-ouest du Grand Vallon du Caire) indiquent que la direction des raccourcissements associés au mouvement de la nappe a bien été essentiellement proche de N30, c'est-à-dire cohérente avec la formation des plis d'axes N120 [Gidon et Pairis, 1986a ; Faucher *et al.*, 1988]. Toutefois divers sites enregistrent également une déformation par raccourcissement plus E-W qui semble bien être superposée à celle liée au déplacement de la nappe.

2 - Ces deux familles de plis coexistent parfois, au lieu de se succéder franchement : on trouve notamment des plis N-S, accompagnés de chevauchements, qui sont synsédimentaires du dépôt du Paléogène dans le synclinal de Barrême et des plis NW-SE affectant le Néogène dans le bassin de Valensole.

3 - D'autre part les plis N-S, même s'ils sont amples, restent finalement assez localisés et ne forment pas un système aussi bien organisé que celui de plis NW-SE. Les premiers se connectent en outre souvent aux seconds par torsions de leurs axes sans vraiment donner l'impression de les intersecter. Ce fait s'observe particulièrement bien aux confins du Bochaine et du Dévoluy méridional [Gidon *et al.*, 1970], dans le Dôme de Remollon où les linéation N130

tournent progressivement à N160 [Vergne, *in* Gratier *et al.*, 1973], mais aussi dans la partie septentrionale du synclinal de Barrême, au passage entre Crétacé et Jurassique moyen. Il peut être compris comme le résultat d'un enchaînement de déformations dans un contexte local de déviation progressive de la direction de raccourcissement.

En fait il apparaît que ces plis diffèrent avant tout par les processus variés qui leur ont donné naissance, même si certains de ceux-ci se sont plutôt succédés dans le temps.

1 - Un facteur sans doute essentiel dans leur formation est que la ligne de détachement du front de la nappe a une orientation moyenne voisine de N160. Le dépla-

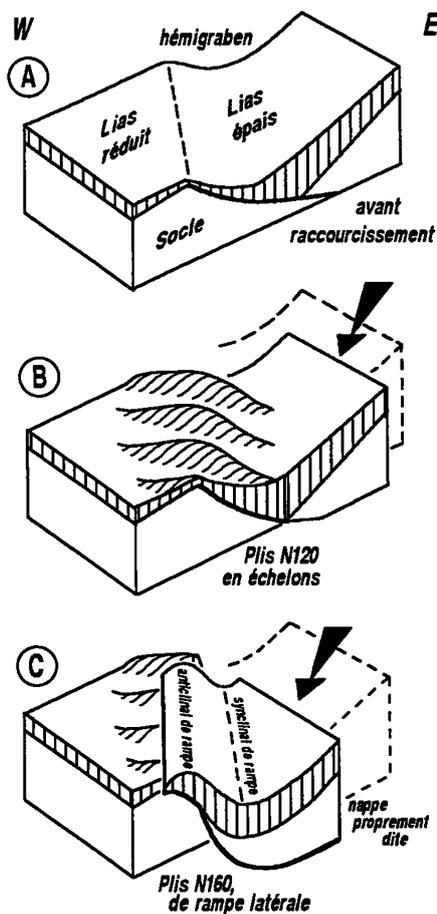


FIG. 17. - Formation des principales familles de plis (schémas théoriques).

La vue est à peu près dirigée du sud vers le nord. La grosse flèche indique la direction de déplacement du matériel allochtone. Les hachures correspondent au matériel Jurassique inférieur et moyen, seul représenté.

Le dispositif C est celui du charriage de la nappe proprement dite.

cement de la nappe, orienté N30, n'était donc pas perpendiculairement à son front mais dirigé *en biais*.

- Il en est résulté, en premier lieu, que les plis formés dans les étapes préliminaires (avant détachement et glissement de la nappe) résultent avant tout du coulisement profond de l'accident de socle délimitant l'ancien hémigraben. C'est pourquoi ils se sont disposés en échelons dans la couverture couvrant la lèvre occidentale de cet accident (fig. 17B) et y couvrent une bande d'une largeur de l'ordre de 30 kilomètres, proportionnée à l'épaisseur de cette couverture.

- Une autre conséquence de cette obliquité est qu'ensuite, lors du charriage, le mouvement du front de la nappe était à la fois coulisant et chevauchant. Il correspondait en fait à un *déplacement sur la rampe latérale* d'un bloc plus vaste qui chevauchait vers le sud, le long de la branche est-ouest de l'arc de Castellane [Gidon et Pairis, 1986a]. Le long de cette rampe se sont donc créés des plis par *débordement de la nappe par dessus la rampe*, qui en ont donc la direction N160 (fig. 17C). C'est sans doute l'origine des synclinaux de Barrême et du Dévoluy oriental (synclinal de Montmaur et synclinal de Saint-Etienne-en-Dévoluy, sur lequel se branche le synclinal de Tallard).

2 - Des plis d'abord N120 ont pris une direction plus méridienne

à l'occasion d'un nouveau cisaillement oblique, plus accentué.

- Il peut en premier lieu s'agir d'une simple torsion par des décrochements locaux, comme c'est le cas pour le synclinal du Caire, que tord la faille occidentale de Vermeil.

- Dans d'autres cas cela semble s'être produit lorsque la couverture a été déchirée par la mise en mouvement du front de la nappe (il s'agit alors de plis de *cisaillement latéral*, induits par le coulisement de ce front). À ce groupe sont à rattacher les pivotements des plis du Bochaine, à l'est de Veynes [Gidon *et al.*, 1970], et ceux du faisceau du Poil, à l'ouest de Barrême [Gidon et Pairis, 1971].

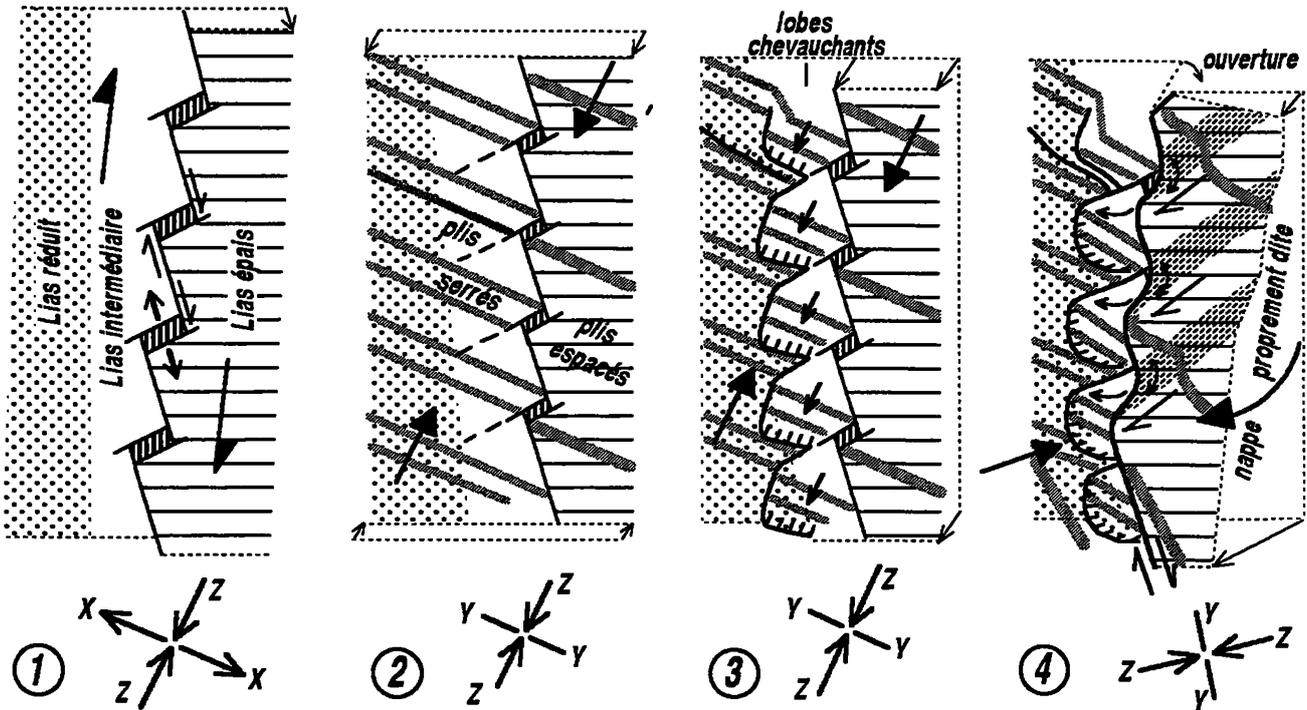


FIG. 18. – Les quatre étapes majeures de la structuration aboutissant à la mise en place de la nappe de Digne (schémas cartographiques idéalisés).

En haut, vue en carte des thèmes successifs de la déformation. En bas disposition des deux axes de déformation contenus dans le plan horizontal (X = allongement ; Z = raccourcissement ; Y = direction intermédiaire).

1 = étape de la *déchirure par pull-apart* (Éocène) ; 2 = début du raccourcissement (Oligocène supérieur) : seuls sont indiqués les plis, d'autant moins serrés que la succession est plus épaisse ; 3 = étape du *chevauchement des écailles* (Miocène inférieur) et du lobe de la Robine (tous sont délimités par des déchirures coulissantes) ; 4 = étape de la *mise en mouvement de la nappe de Digne* (Miocène plus récent et Pliocène). Elle s'accompagne d'un pivotement de sens horaire centré sur le dôme de Remollon et d'un cisaillement dextre global qui se concentre sur des bandes NE-SW (tirets obliques) : les directions des axes de déformation figurées sont celles régnant à l'intérieur des bandes cisailées. De ce fait la flèche de chevauchement et la composante de coulissement dextre s'accroissent du nord vers le sud le long du front de la nappe.

3 - Par places on observe à toutes échelles (y compris à celle de la microtectonique) les indices d'une *déviaton du mouvement de la nappe*, qui s'oriente presque E-W. Cela se produit au niveau des bandes de cisaillement NE-SW qui ont été induites par les indentations de sa limite avec son avant-pays. C'est dans ce contexte que se sont formés les plis subméridiens du Cerveau, de Picouse et de la Tête du Pape (et peut-être les écailles de Faucon).

Au total le problème des directions de plissement au voisinage du front de la nappe se résout, pour l'essentiel, de la façon suivante :

1 - les plis proches de N120 sont généralisés car ils ont été créés au début du raccourcissement par le cisaillement dextre le long de l'accident de socle où s'enracine la nappe.

2 - Les plis plus méridiens (voisins de N160) sont liés aux vicissitudes variées du mouvement tangentiel ultérieur de la nappe. Celles-ci s'avèrent liées à des facteurs relativement locaux, de caractère plus ou moins paléotopographiques, voire franchement morphotectoniques, qui sont entrés en action à des époques variées (même s'ils prédominent en fin d'évolution).

5. – CONCLUSIONS

5.1. Évolution tectono-sédimentaire

5.1.1. Étapes successives

On peut en définitive essayer de schématiser la succession des déformations reconnues dans les Baronnies orientales, de la façon suivante (fig. 18, 19 et 20).

5.1.1.1. Extension jurassique

Pendant la sédimentation Jurassique s'individualisent trois domaines qui sont séparés par des zones de hauts-fonds instables (fig. 19A). Le domaine oriental est un hémigraben où les séries sont très épaisses ; les deux domaines occidentaux sont des zones peu profondes, à sédimentation néritique similaire. Ils sont séparés par une dorsale surélevée et active orientée N20, le linéament de Clamensane, où les séries sont très réduites et d'où sont émis des olistolites du soubassement triasique, houiller et cristallin (elle peut représenter le prolongement septentrional de la faille d'Aix-en-Provence [Rousset, 1978]).

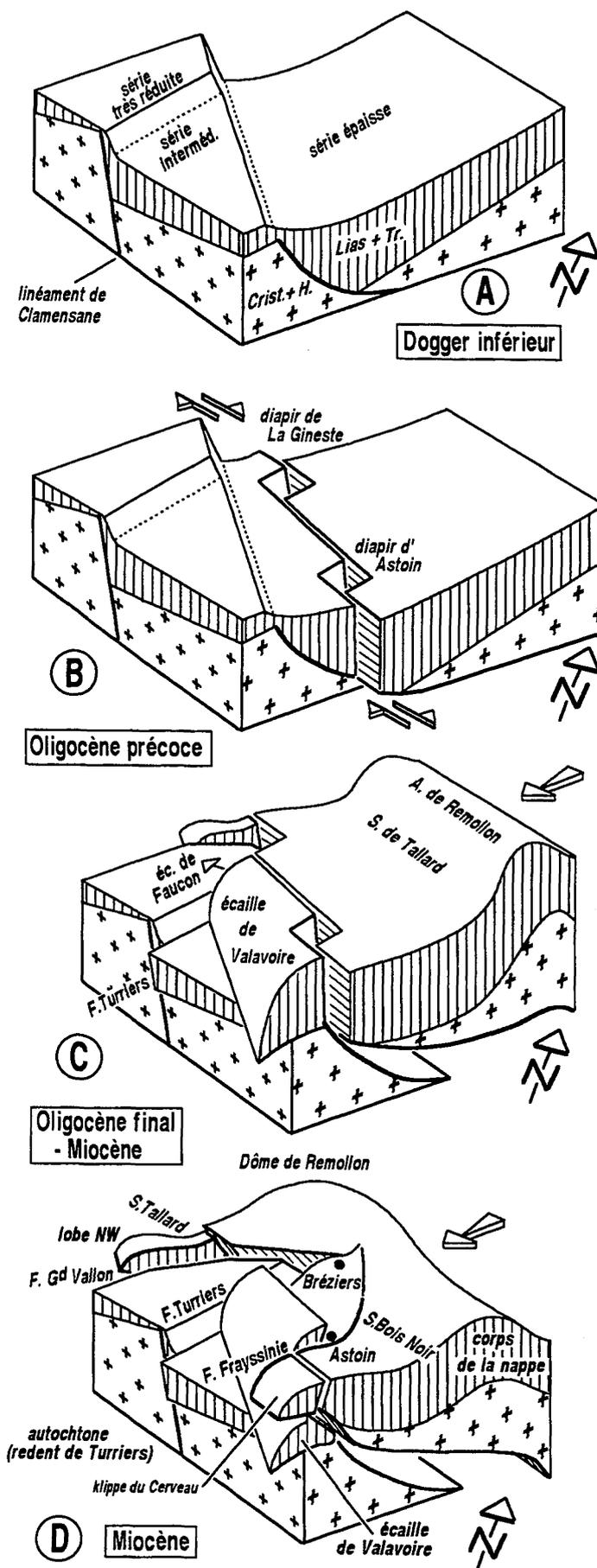


FIG. 19. – Les quatre étapes principales de l'individualisation des unités tectoniques aux environs de Turriers.

A - Dogger : fin de la différenciation des trois domaines sédimentaires. Le linéament de Clamensane, NE-SW, se branche obliquement sur la limite (NNW-SSE) de l'hémigraben des séries épaisses de la future nappe de Digne.

B - Éocène ou Oligocène précoce : extension en pull-apart et première activité diapirique.

C - Fin de l'Oligocène et début du Miocène : début du raccourcissement NNE - SSW. Formation de plis (seuls sont représentés ceux de la nappe de Digne), puis apparition des premiers chevauchements. Le linéament de Clamensane est réactivé (faille de Turriers) et sert de rampe latérale à l'écaïlle de Valavoire qui commence à se mettre en place. La compression liée à ce mouvement entraîne le déversement des écaïlles de Faucon sur le redent de Turriers.

D - Courant du Miocène : la nappe se partage en trois lobes autour du redent de Turriers (dont le saillant s'est accru à l'étape précédente). Celui-ci s'engage sous la nappe en faisant ainsi bomber le Dôme de Remollon. Le lobe de Bréziers s'enfonce au contraire sous la marge orientale de l'écaïlle de Valavoire (sa désolidarisation par rapport au corps de la nappe est permise par la déchirure et le jeu en ciseaux de la faille de la Frayssinie). Le corps principal de la nappe, au sud d'Astoin s'avance sur l'écaïlle de Valavoire en décapitant la klippe du Cerveau.

5.1.1.2. Plissement anté-nummulitique

Toute la région est affectée par les plis E-W fortement érodés avant le Priabonien, peut-être rapportables à la phase provençale mais plus probablement à celle, anté-sénonienne, du Dévoluy.

5.1.1.3. Soulèvement du front nummulitique

Au début du Tertiaire un soulèvement important affecte la dorsale méridienne du front nummulitique, qui est alors dénudée par l'érosion jusqu'aux Terres Noires à la latitude de Turriers (fig. 20B). L'emplacement de ce front correspond aux confins orientaux de l'autochtone actuel et se calque sur le tracé de la limite occidentale du bloc de socle de l'hémigraben des séries jurassiques épaisses (de la future nappe). On peut donc sans doute voir dans son soulèvement l'effet d'un réajustement isostatique intéressant le secteur où la croûte avait été amincie par le fonctionnement antérieur du paléo-accident distensif (selon un schéma classique dans les domaines de *basins and ranges*).

C'est à peu près au même moment que s'est instauré un contexte distensif, avec une direction de raccourcissement proche de N30, qui a ouvert, à la voûte de la dorsale méridienne, une *grande déchirure en pull-apart*, d'orientation proche de N-S, le long de laquelle se dispose un chapelet de montées diapiriques (fig. 15B, fig. 18/1 et 19B).

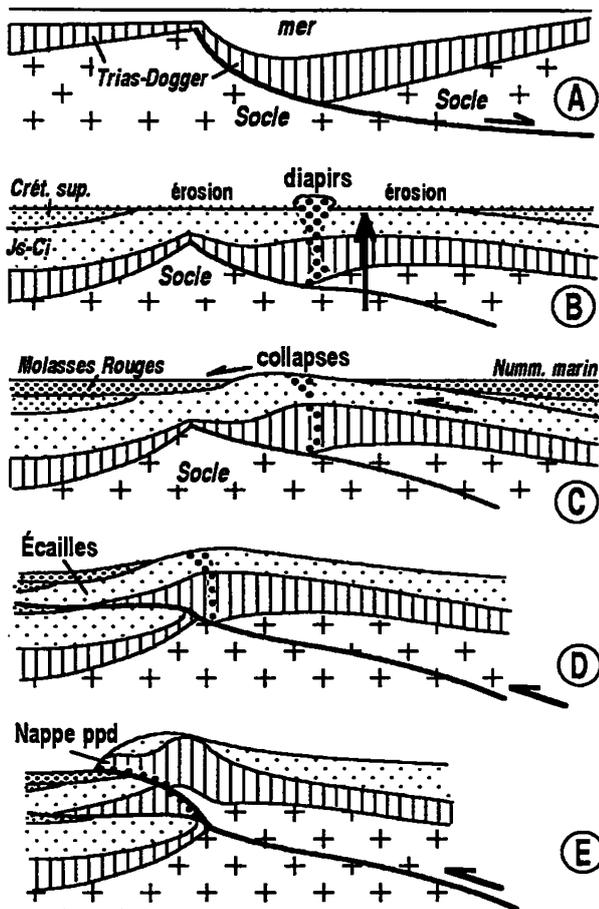


FIG. 20. - Coupes très schématiques résumant l'évolution tectonique qui a abouti au charriage de la nappe de Digne, sur la transversale septentrionale de Remollon.

A - Au Jurassique moyen ; B - Bombement et érosion du début du Paléogène ; C - Début du raccourcissement (collapses fini-oligocènes) ; D - Formation des écailles (et plissement) = Oligocène final - Miocène inférieur ; E - Charriage de la nappe proprement dite (Mio-pliocène).

Il est bien évident que ces dernières ont été favorisées à la fois par l'érosion de la série sédimentaire, qui crée là une zone de moindre charge lithostatique, et par la distension associée à la surrection de la dorsale du front nummulitique.

5.1.1.4. Mouvements oligocènes

La mer priabonienne a atteint les confins orientaux de l'autochtone actuel, sans franchir la dorsale du front nummulitique, et a laissé rapidement place dans ce secteur à la sédimentation continentale des molasses rouges, tandis qu'à l'ouest de la dorsale c'est ce type de dépôt que l'on rencontre dès le début de la reprise de sédimentation paléogène. Ces molasses rouges ennoient (peut-être incomplètement ?) les paléoreliefs issus de la précédente structuration.

Avant la fin du dépôt des molasses rouges, se forment, à la limite sud-ouest de la zone de dénudation des Terres Noires du front nummulitique, des écaillages associés à la mise en place d'olistolites de jurassique

supérieur et de Nummulitique basal (ce qui témoigne de la remise à nu du substratum du Nummulitique) (fig. 20C). À Esparron ces écaillages sont mineurs et ont une vergence sud-sud-ouest. Ceci veut dire que la direction de raccourcissement est restée voisine de N30. Les écailles de Faucon se forment aussi à ce moment par un processus de collapse. Leur vergence ouest, très inhabituelle ne peut donc s'expliquer que par une cause locale, c'est-à-dire un soulèvement le long d'une ligne N-S située immédiatement à l'est : il s'agit nécessairement de la bordure orientale du linéament de Clamensane, qui constituait d'ailleurs déjà un domaine saillant.

Il est très vraisemblable que le soulèvement ait été causé ou aggravé par le coulissement dextre de la faille de Turriers, qui constitue la marge orientale de ce linéament (fig. 19C). En effet ce mouvement juxtaposait aux séries réduites du compartiment nord-occidental de cet accident, la série épaisse de l'hémigraben oriental : la différence d'épaisseur de ces séries a dû créer une dénivellation suffisante pour déclencher le collapse des écailles de Faucon (ce mécanisme de soulèvement et de rejets latéraux créés par un coulissement peut être comparé à l'avancée d'un soc de charrue).

Le décrochement de Turriers s'est probablement prolongé vers le sud en créant la faille orientale de Vermeil, ce qui a dû commencer à détacher l'écaille de Valavoire de l'autochtone proprement dit, plus occidental (situé en quelque sorte à l'abri derrière le redent de Turriers). C'est également dans le même temps qu'a dû se créer symétriquement la faille du Grand Vallon.

Le futur front de la nappe de Digne, déjà indenté à l'emplacement du diapir d'Astoin depuis l'étape du pull-apart s'est donc sans doute partagé à ce moment là en deux lobes disposés de part et d'autre de l'obstacle constitué par le domaine du linéament de Clamensane. Ce dernier est d'ailleurs devenu d'autant plus saillant par l'effet de l'empilement des écailles de Faucon.

5.1.1.5. Plissement post-oligocène

Après le dépôt des molasses rouges s'instaure un régime de compression horizontale généralisée, qui s'exprime par le plissement d'axe NW-SE. Il est à noter que cela correspond à ce que l'allongement, qui était horizontal, devient vertical, mais que la direction de raccourcissement reste N30. Les plis se répartissent en une large bande de plis en échelons (fig. 17B) qui court depuis le Dévoluy jusqu'à l'arc de Castellane, le long de la marge ouest de la future nappe de Digne, ce qui indique qu'ils ont des rapports de parenté avec le charriage, même si celui-ci leur est postérieur.

Avec l'accroissement du taux de raccourcissement le décollement du prisme sédimentaire de marge ouest de la nappe perce la couverture en donnant naissance aux écailles de l'avant-pays (fig. 20D). Grâce à l'existence de la faille orientale de Vermeil le compartiment situé au sud-est du linéament de Clamensane s'individualise en une écaille de Valavoire qui s'avance sur le Miocène de la marge nord du bassin de Valensole (fig. 19C). Du côté

nord-ouest du linéament et de la faille du Grand Vallon, la série post-triasique se décolle aussi en formant l'écaille de Barcillonnette - Pey-Rouard, homologue plus modeste de l'écaille de Valavoire, avec laquelle elle était peut-être connectée dans le secteur du Caire. Cette étape atteint probablement son paroxysme au *Miocène inférieur (Langhien)*, date, dans la vallée du Bès, de l'immobilisation du front de l'écaille (plus mineure) d'Aiguebelle. C'est alors que se produit le violent accroissement du taux des apports continentaux qui marque la fin de la sédimentation marine miocène dans la marge du bassin de Valensole et traduit certainement une surrection dans son domaine bordier.

5.1.1.6. Début du charriage de la nappe de Digne

C'est probablement le blocage frontal des écailles qui entraîne la *mise en mouvement pour son propre compte du domaine de la série épaisse*, par transformation en chevauchement de la déchirure de pull-apart qui le séparait de celui des écailles. Cela s'est produit à peu près au *Miocène moyen (Serravalien)* car, à la latitude de Barles, c'est à cette époque que le lobe de La Robine se met en place sur la marge nord du bassin de Valensole [Gidon et Pairis, 1992].

5.1.1.7. Suite et fin du charriage

Le déplacement de la série épaisse s'amplifie et elle se désolidarise franchement des écailles pour déborder sur elles ou pour les contourner, ce plus ou moins largement selon les transversales mais de plus en plus amplement du nord vers le sud (fig. 18/4, 19D et 20E) :

- Le lobe nord-ouest a contourné simplement cet obstacle par coulissement sénestre sur la faille du Grand Vallon et écrasé sous lui le bord interne de l'écaille de Barcillonnette - Pey-Rouard.

- La partie plus sud-orientale de la nappe s'est avancée en contournant par le sud-est la partie occidentale, autochtone, du redent de Turriers, au prix d'un cisaillement dextre, parallèle au linéament de Clamensane. Ceci a induit une déviation vers l'ouest du mouvement du front de la nappe. La marge occidentale de ce dernier a alors trouvé devant elle la zone surélevée, mais peu résistante, du diapir d'Astoin : elle l'a poinçonné en s'engageant en sous-charriage local sous le massif de la Gautière et en le décapitant plus au SE.

Le socle se déplace également, retrouve sa position avant l'extension et la dépasse même, et forme, en franchissant le rebord occidental de l'ancienne faille, un anticlinal de rampe (fig. 20E). C'est sans doute lui qui est visible dans la coupe du Bès, aux cluses de Verdaches [Gidon et Pairis, 1992].

En outre le poinçon de Turriers, en s'engageant sous la dalle de la nappe, y a créé le bombement du dôme de Remollon et a sans doute induit, du côté opposé (nord-est) de celui-ci une zone d'extension qui s'exprime par l'ouverture du graben de l'Avance et par le pivotement dans le sens horaire de toute la partie de la dalle située au SE (fig. 16).

5.1.2. Remarques sur les étapes de charriage

5.1.2.1. "Anomalie" dans la séquence tectonique

Dans le scénario ci-dessus, l'avancée par chevauchement des écailles situées en avant de la nappe a précédé leur recouvrement par la nappe proprement dite. Cette conclusion (inéluçtable pour l'écaille de Valavoire au moins) est fondée sur divers faits, dont le plus important est que le chevauchement des écailles est associé aux plis d'axes NW - SE, alors que ces plis sont tranchés par les surfaces de déplacement de la nappe : ceci est patent, aussi bien pour sa surface de charriage (les écailles de Combovin qu'elle a créé par entraînement, sectionnent les plis de l'écaille de Valavoire), que pour ses rampes latérales, notamment la faille du Grand Vallon, ou pour les décrochements induits par son avancée (système de failles des montagnes au sud d'Astoin). En outre les surfaces de charriage liées à l'avancée de la nappe proprement dite sont les seules à impliquer en plusieurs points (Bayons, Grande Gautière, Les Fontaines près de Digne) des alluvions fluviatiles grossières, d'âge inconnu mais probablement plio-quaternaire.

Un tel scénario est contraire au déroulement observé d'une façon générale dans la plupart des chevauchements imbriqués : ceux-ci sont classiquement créés à tour de rôle, par entraînement, en avant et sous les premiers formés, et ils apparaissent, par conséquent, d'autant plus tardivement qu'ils sont plus "externes".

5.1.2.2. Interprétation

Une première explication de ce fait est que le processus d'entraînement induit par la surcharge due à la nappe, sur lequel repose cette chronologie, ne s'est pas appliqué au cas de l'écaille de Valavoire, puisque *la nappe l'a largement contournée, s'est engagée partiellement dessous et n'en a recouvert que la marge orientale*.

D'autre part le fait que le front de la nappe de Digne proprement dite ne corresponde pas à la zone d'amincissement maximal des séries (mais à une déchirure par pull-apart située en arrière) a sans doute eu un rôle déterminant pour imposer le scénario ici décrit. En effet, la première ligne de chevauchements créée par l'inversion de la paléofaille jurassique s'est logiquement placée sur la ligne de faiblesse de la couverture, c'est-à-dire en avant du futur front de la nappe, plus au SW. Il est logique que la transformation en surface de charriage de l'ancienne déchirure de pull-apart ne soit intervenue que lorsque l'avancée des écailles a été suffisante pour induire le blocage de leur mouvement.

Ce processus est illustré au front sud du lobe de La Robine, dont l'immobilisation s'est produite avant la fin du charriage du reste de la nappe [Gidon et Pairis, 1988] (en l'occurrence ce blocage a été facilité par la vitesse à laquelle la formation de Valensole s'accumulait devant le front de l'écaille en cours de progression).

C'est donc ce trait particulier qui explique que partout ce soit tardivement et par l'arrière vis-à-vis de ces écailles que le charriage des séries épaisses de la nappe s'est

déclenché, prenant ainsi le caractère d'un "out of sequence thrust". Il faut toutefois préciser que les écaillés dont il est question ici sont, du nord au sud, des écaillés de Barillonnette, de Valavoire, de La Robine. Les lobes chevauchants du sud de Digne, savoir ceux de Trévans, de Majastres, de Montdenier-La Palud et enfin de Moustiers, sont certes dans une situation tectonique et paléogéographique un peu analogue, mais ils ont été détachés plus tardivement, lors de l'avancée ultime du corps de la nappe vers le sud.

5.2. Traits essentiels de la tectonique de la nappe de Digne et des structures connexes

La synthèse des observations présentée ci-dessus conduit finalement à se faire de la tectonique de la nappe de Digne une image dont on peut résumer les points essentiels comme suit :

1 - L'origine de la rupture de la couverture sédimentaire est vraisemblablement une déchirure en pull-apart datant de la phase d'extension du Nummulitique. Cela a conféré au futur front de la nappe un découpage en redents successifs, profonds de plus de 5 km chacun, limités par des cassures alternativement N160 à N170 et N30 à N40.

2 - L'avancée de la nappe proprement dite sur ses écaillés bordières ou sur son autochtone s'est faite ensuite au prix d'un partage en lobes autour de poinçons de l'avant-pays. Le premier de ces poinçons est constitué par le redent de Turriers architecturé en môle résistant autour du paléo-accident du linéament de Clamensane. Un poinçonnement analogue se manifeste au sud de Barles : il a entraîné la formation d'une autre déchirure du front de charriage, la faille du Bès, qui sépare les deux lobes méridionaux (de La Robine et de Cousson) dont le comportement a été largement indépendant. L'emplacement de ce second poinçon de l'autochtone amène à l'identifier avec la terminaison en coin vers le NE du bassin mio-pliocène de Valensole.

3 - La nappe a acquis sa flèche actuelle, croissante vers le sud, par une rotation de 30°, dans le sens horaire, autour du diapir du Laus (fig. 16). Cette rotation est responsable de l'ouverture du graben de l'Avance, dans lequel s'effondrent plus au nord-est, les chaînons de Piolit et de la bordure sud-est du massif du Pelvoux. Le « hiatus sud-pelvousien » [Vergne, in Gratier et al., 1973] (fig. 1) prend ainsi figure d'un accident extensif dont la flèche s'accroît vers le NE et qui absorbe ainsi, du côté du nord, le déplacement qui est lié, du côté du sud, au jeu compressif de la nappe.

4 - Lors du charriage le corps de la nappe n'est pas resté une dalle plane. Il a subi, en liaison étroite avec son déplacement global vers le S-SW, une déformation qui s'exprime par une torsion selon trois bandes de cisaillement dextre. La position de celles-ci par rapport aux structures de l'avant pays (écaillés et autochtone proprement dit) indique qu'elles sont induites par le poinçonnement dû aux indentations de la marge est de son autochtone relatif. Ce déplacement coulissant a induit, en contrecoup, des poinçonnements symétriques, de l'autochtone relatif par le bord indenté de la nappe, ce qui est à l'origine de structures locales témoignant d'un serrage presque E-W.

Ce cisaillement a déterminé de vastes plis transverses NE-SW qui sont des flexures monoclinales à plongement accusé vers l'est. L'autochtone pincé au coeur de ces flexures a subi un accroissement de sa déformation compressive : c'est le cas dans la demi-fenêtre de Barles (pincement des plis) et dans le redent de Turriers (chevauchement des Sarces, écaillés du massif de la Grande Gautière).

6 - La nappe s'enracine vraisemblablement dans un accident de socle à peu près N-S, qui a d'abord joué en coulissement extensif au début du Tertiaire puis a acquis un jeu décro-chevauchant dès l'Oligocène.

7 - De l'une à l'autre de ces étapes la direction de raccourcissement est restée orientée N20 à N30. Cette obliquité de la cassure profonde sur laquelle « s'enracine » la nappe, par rapport à son déplacement, est cause d'une déformation en transpression, par décro-chevauchement du type de celle des rampes latérales.

Ceci se manifeste, de part et d'autre de la marge de la nappe, par des plis N170 « d'entraînement latéral », contemporains des plis de serrage direct (N110 à N130) avec lesquels ils se connectent en continu (synclinal de Barrême et plis de la marge du bassin de Valensole à l'ouest de Digne). Ces plis se forment en fait du Miocène au Pliocène, même s'ils ne sont pas nécessairement tous de même âge et si les uns ou les autres ont pu apparaître et/ou se figer plus ou moins tard au cours de cette période.

En définitive la nappe de Digne est un charriage assez particulier à deux titres principaux : (1) c'est un décro-chevauchement ; (2) sa déchirure frontale avait un tracé initial en zigzag. Ces deux aspects ont joué un rôle capital pour créer des structures complexes lors de sa mise en place. Il est à soupçonner qu'une telle situation, en dépit de son caractère plutôt inédit, est partagée par d'autres charriages qui ne sont pas connus comme tels.

Références

- ARLHAC P. & ROUSSET C. (1978). – Structures subalpines dans le bassin du Sasse (Alpes-de-Haute-Provence, France). *C. R. Acad. Sci., Paris*, **286**, 261-264.
- ARLHAC P. & ROUSSET C. (1979). – La nappe de Digne près de Gap (Hautes-Alpes) : sa place dans les Alpes externes françaises. *C. R. Acad. Sci., Paris*, **288**, 47-50.
- ARNAUD H., DEBELMAS J., FLANDRIN J., GIDON M. & KERCKHOVE C. (1976). – Remarques et réflexions à propos de l'attribution au Néogène d'une partie des cargneules et des gypses alpins. *Bull. Soc. Géol. Fr. (7)*, **18**, 4, 973-979.
- ARNAUD H., GIDON M. & PAIRIS J.L. (1977). – Précisions sur la structure des chaînes subalpines méridionales dans la région de Faucon-Turriers-Clamensane (Alpes-de-Haute-Provence). *Géologie alpine*, **53**, 5-34.
- ARTRU P. (1966). – Les olistholites du Riou d'Entraix et leur signification paléostratigraphique. *Bull. Soc. Géol. Fr. (7)*, **VIII**, 1966, 401-404.
- BELLON H. & PERTHUISOT V. (1980). – Ages radiométriques K-Ar de feldspaths potassiques du Trias diapirique vocontien. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **290**, 1241-1244.
- DEBELMAS J., GIDON M. & KERCKHOVE C. (1978). – Idées actuelles sur les cargneules alpines ; in « livre jubilaire Jacques Flandrin ». *Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, H.S. 4*, 195-201.
- EHTECHAMZADEH-AFCHAR M. & GIDON M. (1973). – Mise en évidence d'une tectonique de chevauchements vers le Nord dans les chaînes subalpines au Sud de Gap (Alpes-de-Haute-Provence). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **276**, 1127-1129.
- EHTECHAMZADEH-AFCHAR M. & GIDON M. (1974). – Données nouvelles sur la structure de l'extrémité nord de la zone des chevauchements de Digne. *Géologie alpine*, **50**, 57-69.
- FAUCHER T., GIDON M., PAIRIS J.L. & MASCLE G. (1988). – Directions de transport au front de la nappe de Digne (Chaînes subalpines méridionales). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **306**, série II, 227-230.
- GIDON M., MOULLADE M., MONJUVENT G. & FLANDRIN J. (1991). – Carte géologique détaillée de la France à 1/50 000, feuille LARAGNE, 1^o édition. B.R.G.M., Orléans, une carte avec notice explicative de 84 p. et 12 fig.
- GIDON M., PAIRIS J.L., ARNAUD H., APRAHAMIAN J., USELLE J.P. (1970). – Les déformations tectoniques superposées du Dévoluy méridional (Hautes-Alpes). *Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble*, **46**, 87-110.
- GIDON M. & PAIRIS J.L. (1971). – Remarques sur l'évolution structurale et les caractères des mouvements tectoniques dans la branche nord-ouest de l'Arc de Castellane. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **272**, 2412-2415.
- GIDON M. & PAIRIS J.L. (1976). – Le rôle des mouvements tectoniques éocènes dans la genèse des structures de l'extrémité NE du Dévoluy et dans celle du chevauchement de Digne. *Géologie Alpine*, **52**, 73-83.
- GIDON M. & PAIRIS J.L. (1980). – Nouvelles données sur la structure des écaïlles de Soleil-Bœuf (bordure sud du massif du Pelvoux). *Bull. Bur. Rech. Géol. Min. (2^s)*, **1**, 1, 35-41.
- GIDON M. & PAIRIS J.L. (1986a). – La nappe de Digne (Chaînes subalpines méridionales) : origine, déplacement et signification régionale. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **303**, Série II, **10**, 981-984.
- GIDON M. & PAIRIS J.L. (1986b). – Problèmes d'autochtonie et de charriage aux confins méridionaux du dôme de Remollon (environs de Turriers, Alpes de Haute Provence). *Géologie de la France*, **4**, 417-432.
- GIDON M. & PAIRIS J.L. (1988). – La structure des environs de Digne (Chaînes subalpines méridionales, Alpes-de-Haute-Provence) : un exemple d'interférence entre l'avancée d'une nappe de charriage épiglyptique et la sédimentation sur son front. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **307**, Série II, 1283-1288.
- GIDON M. & PAIRIS J.L. (1992). – Relations entre le charriage de la Nappe de Digne et la structure de son autochtone dans la vallée du Bès (Alpes de Haute-Provence, France). *Eclogae geol. Helv.*, **85/2**, 327-359.
- GIDON M. (1975). – Sur l'allochtonie du Dôme de Remollon (Alpes françaises du Sud) et ses conséquences. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **280**, 2829-2832.
- 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. (1985). – Les failles du Dôme de Remollon ; Nouvelles données et essai d'interprétation. *Géologie alpine*, **61**, 75-84.
- GIGOT P., HACCARD D. & BEAUDOIN, B. (1974). – Extension et origine d'une unité allochtone à Nummulitique et Mésozoïque, "unité de Turriers", mise en évidence sous le chevauchement de Digne (Alpes-de-Haute-Provence). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **279**, 1063-1066.
- GRANJACQUET C. & HACCARD D. (1973). – Mise en évidence de la nature sédimentaire et de l'âge néogène de certaines séries de "cargneules" et de gypses des chaînes subalpines méridionales ; implications structurales. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **276**, 2369-2372.
- GRATIER J.P., LEJEUNE B. & VERGNE E.J.L. (1973). – Etude des déformations de la couverture et des bordures sédimentaires des massifs cristallins externes de Belledonne, des Grandes-Rousses et du Pelvoux (depuis les Aravis jusqu'à la région de Remollon). Thèse 3^o cycle, Grenoble, 227 p. ronéot.
- PAIRIS J.L., GIDON M., FABRE P. & LAMI A. (1986). – Signification et importance de la structuration nummulitique dans les chaînes subalpines méridionales. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **303**, Série II, **1**, 87-92.
- PETTEVILLE P. & RIVOIRARD R. (1959). – Note préliminaire sur la structure et la stratigraphie de la région comprise entre Gap et Seyne-les Alpes. *C. R. somm. Soc. Géol. France*, **52**, 6, 139-141.
- ROUSSET C. (1976). – Sur la structure de la cuvette de Turriers et de ses abords (Alpes-de-Haute-Provence France). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **283**, 745-748.
- ROUSSET, C. (1978). – De l'importance régionale de la faille d'Aix en Provence. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **286**, 189-192.
- SIDDANS, A.W.B. (1977). – The development of slaty cleavage in a part of the French Alps. *Tectonophysics*, **39**, 533-557.