

Le Néogène et le Pléistocène inférieur duranciens

par Hubert MERCIER *

RÉSUMÉ. – Cette étude met en évidence :

- deux cycles sédimentaires, l'un mio-pliocène, l'autre plio-villafranchien s'achevant l'un et l'autre par d'épais épandages graveleux continentaux, séparés par le Plaisancien marin et cependant confondus jusqu'ici en une seule entité appelée « Poudingues de Valensole »,
- deux provinces distributrices, l'une appartenant à la couverture sédimentaire alpine, l'autre provençale,
- une tectonique alpine tardive.

ABSTRACT. – This study reveals :

- two sedimentary cycles, the first one mio-pliocen, the second one pliovillafranchian, which are both capped by thick continental gravelous spreadings, separated by marine Plaisancian and yet so far regarded as one undifferentiated formation called « Poudingues de Valensole »,
- two feeding areas, the first one belonging to the alpine sedimentary cover, the second one provençal,
- one late alpine tectonic.

Limites géographiques de la région étudiée.

Géographiquement, l'étude s'étend de Sisteron à la Camargue, sur le bassin de Digne-Valensole, la Basse-Durance et la Crau (fig.1). Les reliefs qui entourent le domaine de recherches sont d'amont en aval, les chaînons subalpines de Digne-Moustiers et la bordure orientale du plateau du Vaucluse, puis les collines de la rive gauche du Bas-Verdon, le Concors, la Trévaresse, la chaîne des Costes et le Luberon, enfin, les Alpilles au Nord de la Crau et les collines de Salon, Istres, Martigues, à l'Est de la Crau. Les épandages fluviaux, accumulés dans cette région du Miocène supérieur au Villafranchien, reflètent l'évolution du réseau hydrographique, les contraintes tectoniques et les modifications climatiques qui ont conduit à la morphologie actuelle.

I. Étude stratigraphique.

I.1. GÉNÉRALITÉS.

Le Néogène durancien est une dépendance latérale du Néogène rhodanien avec lequel il est en relation au Nord et au Sud du Luberon. Ses affleurements dessinent un golfe se fermant dans la région de Digne contre les reliefs mésozoïques de la zone subalpine. Il comprend des faciès marins du Burdigalien au Tortonien moyen puis des faciès lacustres et continentaux, tandis qu'au Sud et au Sud-Est on observe tantôt une lacune, tantôt des faciès lacustres (Moustiers) ou continentaux (Sables de Vinon).

D'une manière générale, les épandages fluviaux de Digne-Valensole achèvent en tous points la séquence sédimentaire.

* Maître-assistant au Laboratoire de Géologie Appliquée de l'Université de Provence, 13331 – Marseille Cedex 3.

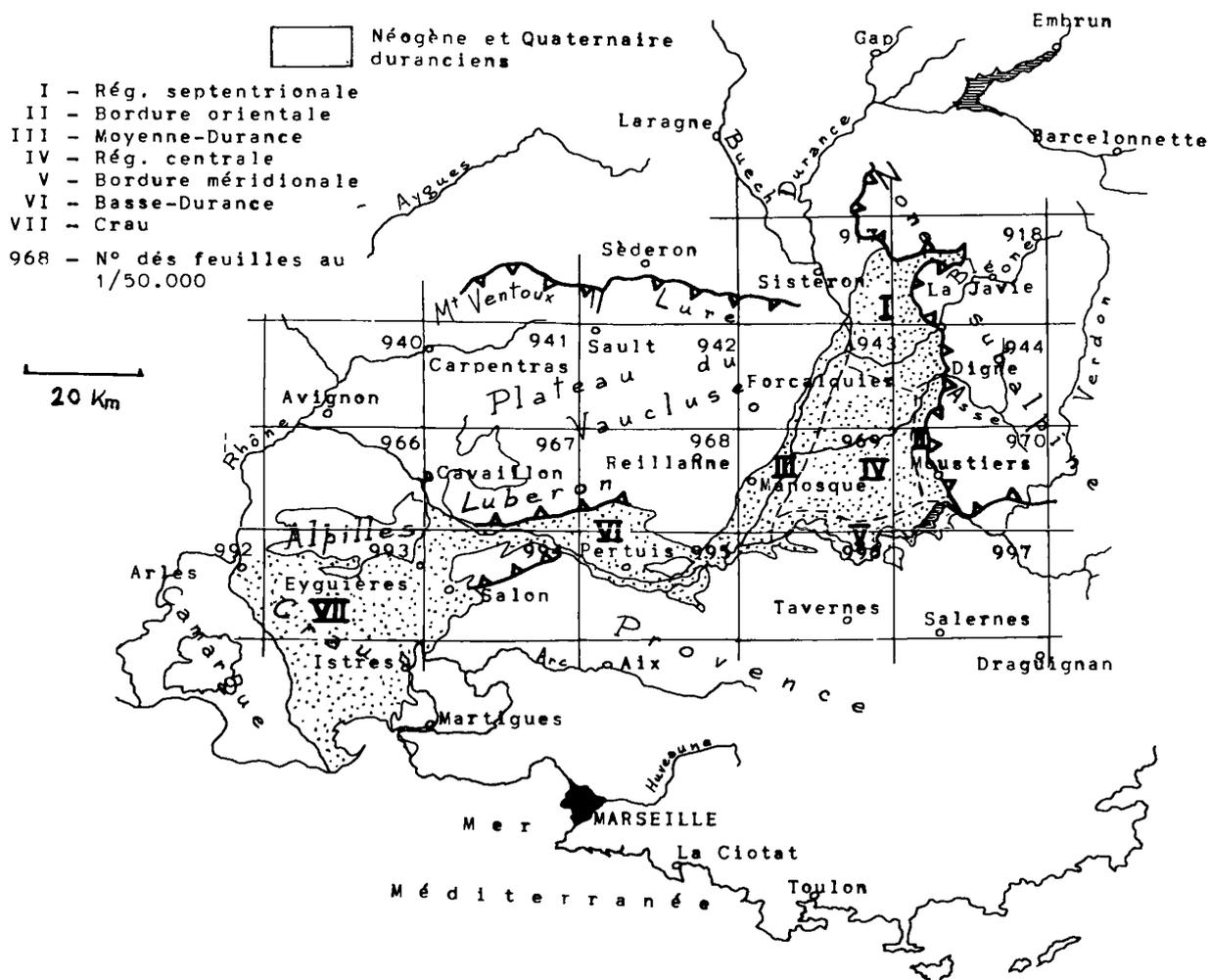


Fig. 1. - Limites géographiques de la région étudiée.

I.2. LE SUBSTRATUM DU MIOCÈNE .

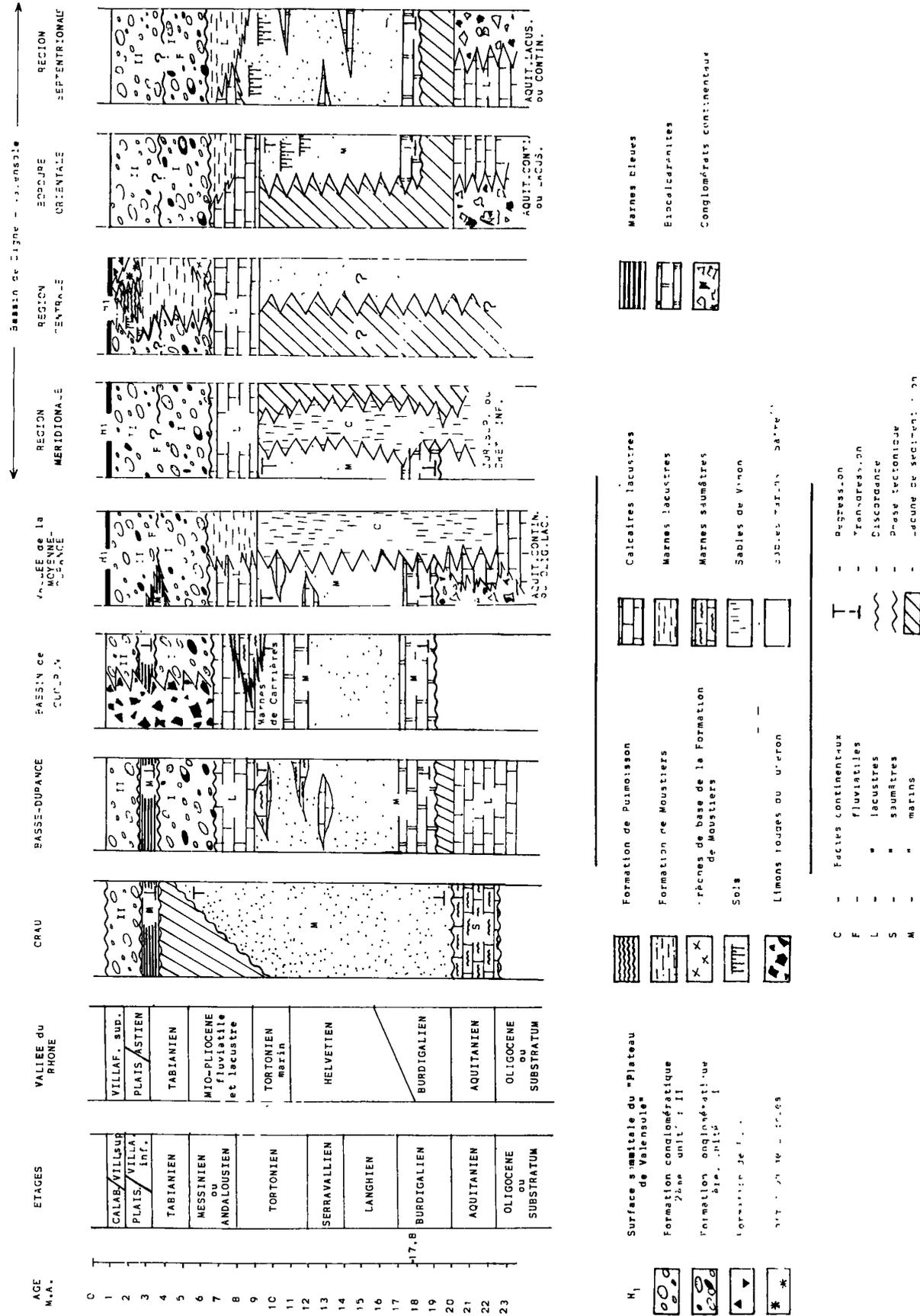
Dans la région septentrionale et sur la bordure orientale du bassin de Digne, il est représenté le plus souvent par la Molasse rouge supérieure (Chattien-Aquitainien), faciès détritique qui achève le cycle paléogène et, plus rarement, par des faciès lacustres et continentaux de même âge (vallée du Vançon : Sud-Est de Sisteron).

En Moyenne-Durance (rive droite seulement) ce sont soit des conglomérats continentaux, soit les calcaires lacustres du bassin de Manosque-Forcalquier (Stampien-Aquitainien).

Dans la région méridionale, le substratum est essentiellement mésozoïque, crétacé ou le plus souvent jurassique, le Paléogène n'étant présent que dans les synclinaux de bordure des plis (Bauduen, Quinson, Vinon-sur-Verdon).

En Basse-Durance, la région est une large dépression dans laquelle se déposent, à la fin de l'Oligocène, des limons et des calcaires lacustres ou quelques conglomérats au pied des reliefs qui viennent d'être édifiés (Luberon, Costes).

En Crau, les nombreux sondages ont montré une paléotopographie irrégulière formée de terrains allant de l'Oligocène au Jurassique supé-



rieur. On connaît plusieurs haut-fonds (Saintes-Maries de la mer, Albaron, Peaudure et terminaisons occidentales des chaînons de la Fare-Lançon et de la Nerthe).

I.3. LE MIOCÈNE MARIN.

Il correspond à une série homogène (« safre »), allant du Burdigalien au Tortonien moyen avant un exhaussement général et l'arrivée d'apports détritiques continentaux qui achèvent le premier cycle sédimentaire.

1) Dans la région septentrionale les coupes étudiées montrent :

- une épaisseur des assises d'autant plus grande que l'on se rapproche du fond du golfe (Nord-Est),

- des dépôts finement détritiques, gréseux à la base, plus argileux au sommet mais toujours de faible bathymétrie,

- une subsidence lente et continue, qui se poursuivra au-delà de la sédimentation marine et qui est responsable de la grande épaisseur des matériaux détritiques du Néogène supérieur continental,

- la rareté de la faune, sauf dans la coupe du vallon de la Limace-Combaïet où elle avait été déjà étudiée par A.F. de LAPPARENT (1938),

- un envasement général de la série au Tortonien moyen, avec la mise en place de faciès saumâtres puis lacustres.

Les coupes étudiées ont été complétées par les sondages profonds de Mirabeau 1, Mirabeau 2 et des Mées qui indiquent la présence d'un substratum irrégulier avant les premières transgressions miocènes, une sédimentation marine importante, monotone, finement détritique sous une faible épaisseur d'eau, enfin le rôle important de la subsidence dans ce secteur.

2) Sur la bordure orientale du bassin, la série miocène est moins épaisse et plus diversifiée; nous nous trouvons là sur la bordure méridionale du golfe durancien, à la limite du « domaine alpin » au Nord et du « domaine provençal » émergé au Sud.

3) En rive droite de la vallée de la Moyenne-Durance, entre Volonne et Mirabeau (Vaucluse), le Miocène marin diminue d'épaisseur et correspond à une étroite bande de terrains redressés contre les reliefs de Volx et de Manosque. La coupe de Valveranne (2 km au Nord de Manosque) montre un Miocène marin de type « provençal ou rhodanien » et une diminution du phénomène de subsidence. Plus au Sud, des calcaires lacustres s'interstratifient avec les derniers niveaux marins dès la fin du Serravalien. En outre, rappelons ici l'individualisation des deux unités conglomératiques du Néogène supérieur, séparées l'une de l'autre par une discordance angulaire et localement par du Plaisancien marin (base de la deuxième unité).

4) En Basse-Durance, le Miocène marin montre, sur plus de 300 mètres d'épaisseur, une série complète allant du Burdigalien au Tortonien inférieur. La faune est abondante, les faciès sont variés et le secteur se rattache naturellement au sillon rhodanien dont il n'est qu'une dépendance latérale.

Cette dépression jouera ultérieurement le rôle de chenal d'évacuation des épandages fluviatiles mio-plio-villafranchiens issus du bassin-versant durancien.

5) En Crau, le Miocène marin est mal identifiable en raison de l'abondante couverture graveleuse plus récente. Seules les bordures permettent de relever des coupes partielles de la série.

I.4. LE MIOCÈNE CONTINENTAL : LES SABLES DE VINON.

Ces faciès continentaux (lacustres et fluviatiles), sont localisés sur la bordure méridionale du golfe durancien, au Sud d'une ligne reliant Mirabeau (Vaucluse) à Trévans-Beynes (8 km au Nord de Moustiers-Sainte-Marie). Leur origine est essentiellement méridionale (couverture du Massif des Maures). Les minéraux lourds reconnus dans les grès ou les sables sont issus des Maures (disthène, tourmaline, sphène, rutile, zircon), de même que les minéraux argileux (illite, chlorite). Nous nous trouvons ici sur le « Piedmont nord-provençal ».

I.5. LES FACIÈS LACUSTRES DU MIOCÈNE DURANCIEN.

Ils sont liés à un abaissement du niveau de base et à une lente surrection d'ensemble des Alpes. Suivant les secteurs, ils apparaissent à des stades plus ou moins précoces. À la fin du Tortonien le régime lacustre est général sur l'ensemble du bassin. Les faciès sont variés : calcaires, marnes, travertins, sables, lignites etc. La faune est dulçaquicole : *Helix*, *Planorbis*, *Bithynia*, etc.

La meilleure coupe est celle d'Aiguines, d'où le nom de « Formation d'Aiguines ». Ici, la série est lacustre sur 300 mètres et se développe du Burdigalien au Tortonien supérieur, avec un bref épisode marin de 1 à 2 mètres à la base du Tortonien. Ce secteur sud-oriental du bassin est le siège, durant tout le Miocène, d'un calme orogénique permanent, caractérisé par une phase biostasique qui succède à la phase rhexistatique de l'Oligocène supérieur et qui précède les futures orogénèses fini-tortonniennes des reliefs subalpins.

Sur la bordure méridionale du bassin, les faciès lacustres se réduisent d'épaisseur d'Est en Ouest pour ne plus atteindre qu'une quinzaine de mètres au confluent Verdon-Durance.

Sur la bordure occidentale du bassin, en rive droite de la Moyenne-Durance et en Basse-Durance, la sédimentation lacustre se développe seulement au Tortonien moyen et supérieur. Dans la région septentrionale ou « alpine » du bassin de Digne, les faciès calcaires font place à des faciès marneux et argileux assez épais, hérités de l'arrière-pays subalpin (Jurassique et Crétacé tendres), qui est à l'origine d'une puissante sédimentation à dominante argileuse (partie supérieure des coupes de la vallée du Vançon).

En Crau, le Miocène lacustre est absent, soit que les conditions n'aient pas permis cette sédimentation, soit que les sédiments déposés aient été déblayés au cours de l'importante régression qui a suivi.

I.6. LE NÉOGÈNE SUPÉRIEUR CONTINENTAL : LE COMPLEXE DÉTRITIQUE DE DIGNE-VALEN-SOLE.

Il s'agit des « Poudingues de Digne-Valensole », graviers fluviaux mis en place sur un talus de piedmont, du Tortonien supérieur au Quaternaire ancien. Ils résultent du démantèlement de la chaîne alpine au cours de la dernière phase orogénique fini-miocène.

Leurs caractéristiques sont :

- la nature lenticulaire des dépôts, le plus souvent détritiques et grossiers,
- l'absence de faune (agitation permanente du milieu de sédimentation).
- l'absence de niveaux-repères,
- l'épaisseur considérable en certains points du matériel détritique, liée au phénomène de subsidence particulièrement active dans la zone « alpine » du bassin.

Cinq formations ont été mises en évidence :

- la formation conglomératique, seule présente partout, au contraire des quatre formations suivantes qui sont étroitement localisées dans la région sud-orientale,
- la formation supérieure de Moustiers : marnes rouges, lacustres et continentales,
- la formation de Puimoisson : marnes blanches lacustres,
- la formation de Ségriès : marnes lacustres et travertins liés à une résurgence temporaire et tardive, localisée en bordure des chaînons subalpins de Moustiers,
- la formation de Balène, formée de cailloutis anguleux liés à des manifestations orogéniques locales, tardives et contemporaines des premiers stades froids du Quaternaire ancien.

Au sommet de ces formations, la surface H₁ du plateau joue un rôle important car elle correspond à la surface sommitale du comblement. En outre, des éluvions et des colluvions récentes recouvrent une grande partie du bassin et masquent fréquemment les affleurements des diverses formations.

1) *La formation conglomératique.*

C'est la formation la plus répandue. Les faciès, très souvent fluviatiles, graveleux et limoneux, sont parfois accompagnés de sols et de dépôts continentaux (loess, paléosols, travertins), notamment en fin de comblement. Les dépôts, lenticulaires et azoïques, sont quelquefois disposés de manière « rythmique », permettant alors une analyse « séquentielle », basée sur la répartition de termes bien définis (ex : coupe de Sainte-Croix du Verdon).

Complétée par quatre sondages réalisés à proximité, cette coupe montre :

- une série marneuse, marno-sableuse ou sablo-graveleuse à la base ou première unité,
- une série conglomératique au sommet ou deuxième unité.

Par comparaison avec d'autres coupes relevées en Moyenne-Durance et en Basse-Durance, j'attribue un âge fini-miocène à l'unité inférieure et un âge plio-pléistocène à l'unité supérieure, grâce à l'identification de faciès caractéristiques du Quaternaire.

Ces deux unités se retrouvent dans la région de Manosque-Volx (coupes de Valveranne et de Font-Royer), où une discordance angulaire les sépare, ainsi qu'en Basse-Durance où le Plaisancien marin s'intercale entre elles deux et où la deuxième unité est « emboîtée » dans la première.

Dans la région septentrionale du bassin de Digne-Valensole (secteur « alpin »), les deux unités sont mal identifiables en raison de la proximité des zones d'apports et de l'identité de faciès (conglomérats) de la base au sommet du comblement.

Au Sud et au Sud-Est au contraire (secteur « provençal »), les deux unités permettent de subdiviser le paroxysme alpin en deux phases tectoniques principales : une première phase allant du Tortonien au Pliocène inférieur (Tabianien); une seconde phase, postérieure au Plaisancien et s'achevant avec la surface H_1 du « Plateau de Valensole » qui marque la fin du remplissage (fin du Villafranchien).

La datation de cette surface H_1 est donc de la

plus haute importance pour connaître l'âge exact de l'arrêt de la sédimentation du complexe de Digne-Valensole. Ce stade ultime du comblement se situe juste avant l'importante phase de régression qui est à l'origine de l'enfoncement de tous les cours d'eau. Cet épisode correspond à un événement majeur dans l'histoire paléogéographique de la région; celui qui consiste à passer d'une phase de sédimentation à une phase de creusement (abaissement du niveau de base). Les dépôts ultérieurs (terrasses duranciennes) sont situés en contrebas de la surface H_1 ; la plus ancienne terrasse connue est celle de l'inter-stade Mindel-Riss. On peut donc en conclure que l'arrêt de la sédimentation mio-plio-villafranchienne du bassin de Digne-Valensole est postérieur au Villafranchien et antérieur au Mindel. L'absence de faune ne permet pas, pour l'instant, de donner une plus grande précision.

Signalons qu'en Crau, les dépôts graveleux contemporains de ceux du complexe de Digne-Valensole (Crau d'Arles ou d'Eyguières) correspondent seulement à la deuxième unité détritique. Ils sont en effet postérieurs au Plaisancien marin et antérieurs à la Crau de Miramas (Riss-Würm), beaucoup plus récente et de nature pétrologique différente.

2) *La formation supérieure de Moustiers.*

Localisée dans le secteur sud-oriental du bassin, elle présente une couleur rouge générale et une sédimentation finement détritique, argileuse et carbonatée. Elle résulte du dépôt de limons fins accumulés sous une faible épaisseur d'eau, avec mise en place de sols sous un climat chaud et humide. Elle se développe près de Moustiers, pendant toute la durée de la sédimentation, du Tortonien supérieur à la surface H_1 du plateau (fin du Villafranchien).

3) *La formation de Puimoisson.*

Elle est localisée dans le Sud-Est du bassin de Digne-Valensole, dans un secteur situé à l'abri des déferlements fluviatiles qui parcouraient l'ensemble du bassin à la même époque.

Elle est constituée de sédiments argileux (marnes blanches à forte proportion de montmorillo-

nite), déposés dans un bassin de décantation, en aval de l'aire de précipitation des carbonates (formation de Ségriès, liée à des résurgences de bordure).

Elle est mise en place au cours des derniers stades du remplissage (Plio-Villafranchien).

4) La formation de Ségriès.

Comme la précédente, son aire d'affleurement est localisée dans le Sud-Est du bassin, en bordure des chaînons subalpins de Moustiers. Elle correspond à la partie amont d'un lac alimenté par une source vauclusienne importante ayant fonctionné seulement en fin de comblement.

Les sédiments qui la caractérisent sont des calcaires travertineux, des poupées, des calcaires pisolithiques, des concrétions, fixés sur une végétation abondante. Ces sédiments, très carbonatés, résultent du fonctionnement temporaire d'une résurgence liée à la mise en charge de conduits karstiques dans les calcaires du Jurassique supérieur des chaînons de bordure.

La faune de micro-mammifères est caractéristique du Pliocène supérieur mais les dernières assises s'achevant avec la surface H_1 , il y a lieu

de considérer que sa mise en place s'est poursuivie jusqu'au Villafranchien supérieur.

5) La formation de Balène.

Elle a, comme les deux précédentes, une extension limitée dans le même secteur sud-oriental du bassin de Digne. Elle est constituée de matériaux détritiques d'origine locale, liés à des manifestations orogéniques tardives affectant les chaînons voisins, mêlés à des dépôts cryoclastiques quaternaires.

Elle est « transgressive » sur toutes les autres formations mais encore antérieure à la surface H_1 du « plateau ». Elle reflète donc un épisode tardif du comblement et malgré l'absence de faune, la nature périglaciaire des dépôts lui confère un âge contemporain des premiers stades froids du Quaternaire.

6) Relations entre les différentes formations du complexe de Digne-Valensole (fig. 3).

La formation conglomératique à éléments détritiques fluviatiles d'origine lointaine est la plus répandue dans l'espace et dans le temps. Elle se subdivise en deux unités, la première achevant le cycle mio-pliocène (Burdigalien à Tabianien), la seconde, le cycle plio-villafranchien (Plaisancien à Villafranchien supérieur). Le Plaisancien marin, localisé à la base de l'unité supérieure et présentant le même pendage, a été reconnu en Crau, en Basse-Durance et en Moyenne-Durance jusqu'au Nord de Volx (coupe de Font-Royer).

Toutes les autres formations ont une extension limitée à la région de Moustiers Sainte-Marie (Sud-Est du bassin).

La formation supérieure de Moustiers se développe seule depuis le Tortonien supérieur lacustre jusqu'au Villafranchien terminal; les autres (formations de Puimoisson, de Ségriès et de Balène) n'intéressent que la fin du comblement et sont liées à des facteurs de sédimentation spéciaux, en relation avec des manifestations orogéniques locales.

La figure 3 montre les deux phases tectoniques qui ont pu être individualisées au sein du complexe détritique et le redressement de la sur-

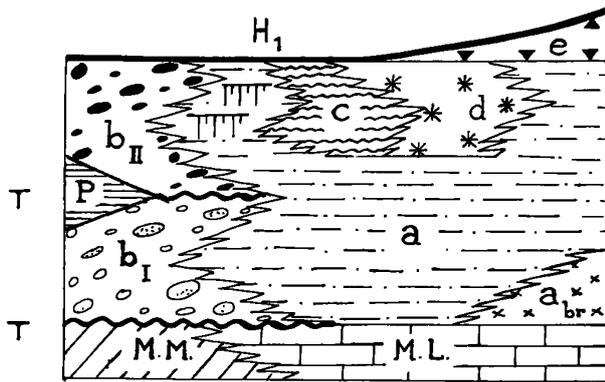
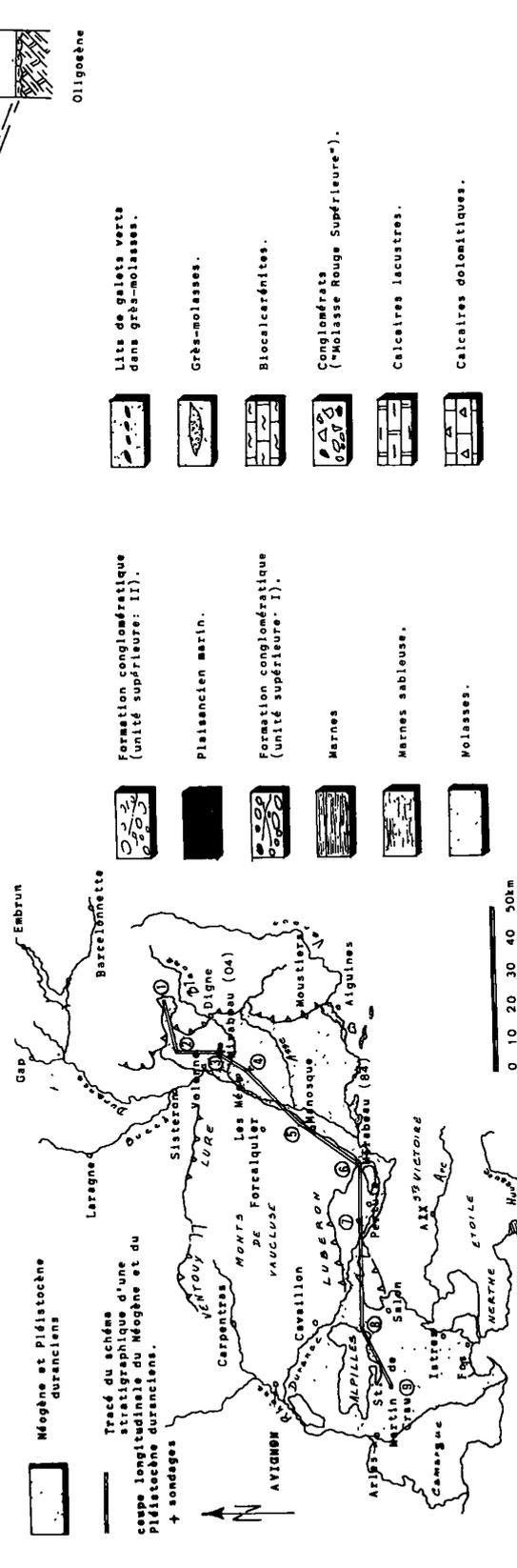
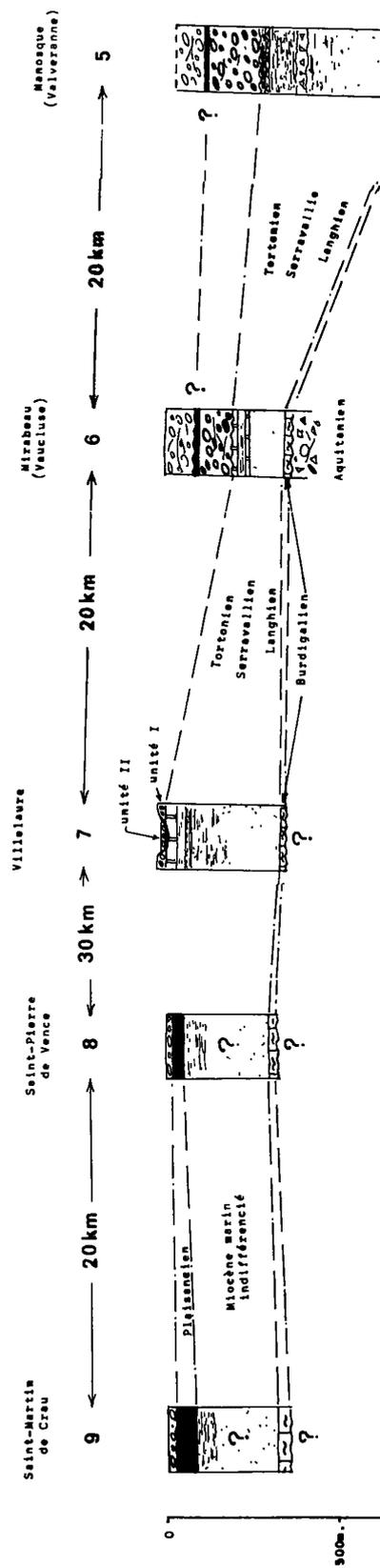


Fig. 3. - Schéma montrant les relations des cinq formations du complexe détritique de Digne-Valensole.

H_1 , surface sommitale du plateau, se relevant vers l'Est; e, formation de Balène (Villafranchien récent); d, f. de Ségriès (Plio-Villafranchien); c, f. de Puimoisson (Plio-Villafranchien); b_{II} , formation conglomératique (unité II : Plio-Villafranchien); b_I , formation conglomératique (unité I : Tortonien à Tabianien); a, formation de Moustiers (Tortonien à Villafranchien récent); a_{br} , brèches de base de la formation de Moustiers; M.L. Miocène lacustre; M.M. Miocène marin; P, Pliocène marin; T, phase tectonique.



- | | | | |
|--|---------------------------------------------------|--|--------------------------------------------|
| | Formation conglomératique (unité supérieure: II). | | Lits de galets verts dans grès-molasses. |
| | Plaisancien marin. | | Grès-molasses. |
| | Formation conglomératique (unité supérieure: I). | | Biocalcarénites. |
| | Marnes. | | Conglomérats ("Molasse Rouge Supérieure"). |
| | Marnes sableuses. | | Calcaires lacustres. |
| | Molasses. | | Calcaires dolomitiques. |

Mirabeau (04) ; Alpes de Haute-Provence, Mirabeau (04) ; Vaucluse.

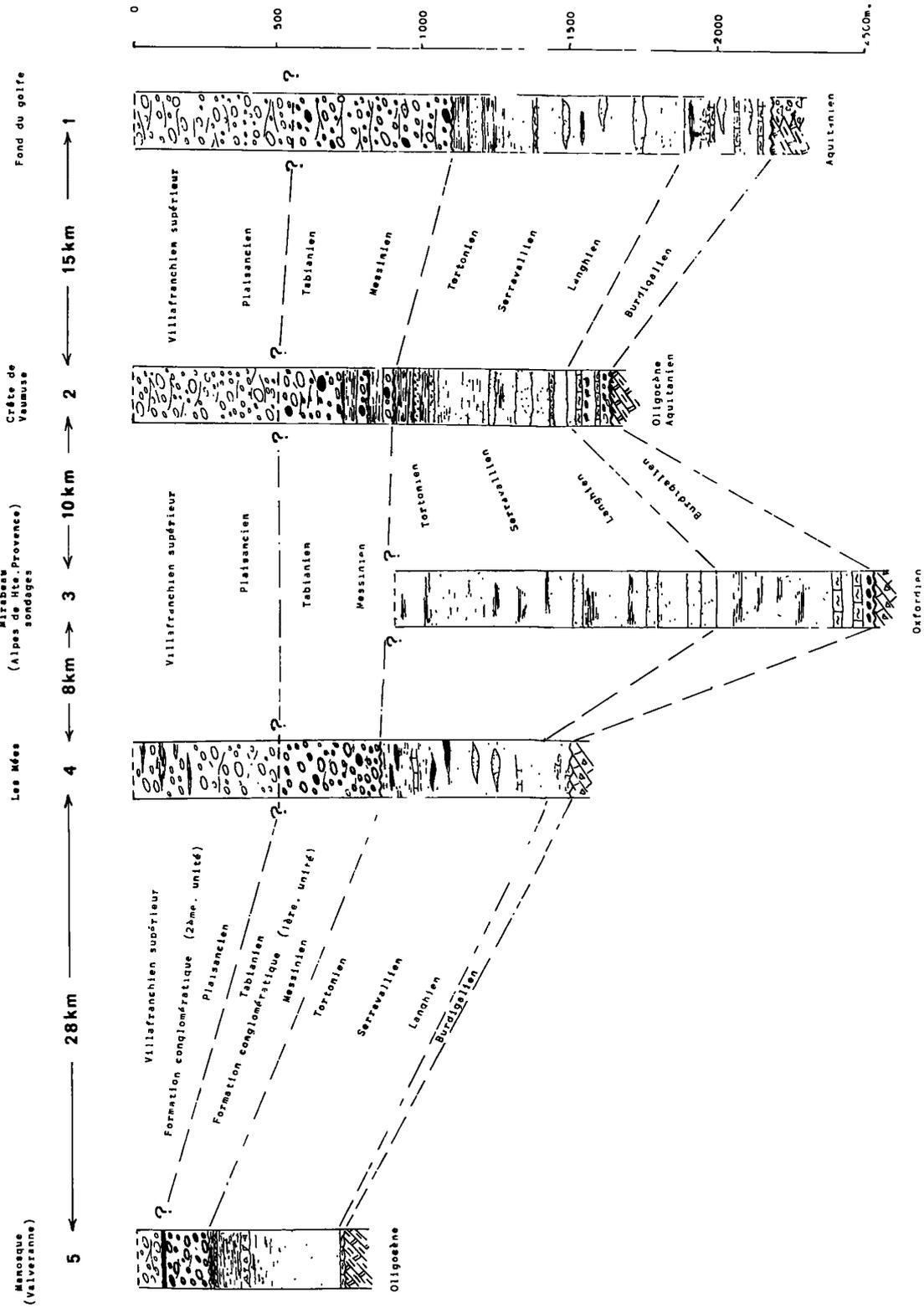


Fig. 4. - Coupe longitudinale du Néogène et du Pléistocène duranciens.

face H₁ contre les reliefs subalpins de Moustiers Sainte-Marie, à l'Est de la dépression.

7) *Conclusions à l'étude du complexe de Digne-Valensole* (fig. 4).

Le complexe détritico durancien de Digne-Valensole se développe de la fin du Tortonien au Quaternaire ancien (anté-Mindel).

Ses caractéristiques sont :

- la vaste étendue (plus de 1500 km²),
- l'absence de faune dans la plupart des affleurements,
- la nature lenticulaire des assises, rendant difficile l'établissement d'une échelle stratigraphique précise de la base au sommet.

La figure 4 résume la sédimentation du Néogène et du Pléistocène duranciens suivant un tracé établi depuis le fond du golfe (coupe 1) jusqu'en Crau (coupe 9).

On y observe nettement la différenciation entre les deux domaines « alpin » et « provençal » du bassin. Dans le premier, la sédimentation très puissante atteint près de 2500 m d'épaisseur dans le centre du bassin (Mirabeau : Alpes de Haute-Provence); elle est liée au phénomène de subsidence caractéristique de ce domaine « alpin ». Dans le second (domaine « provençal »), la sédimentation est moins importante et conforme à ce que l'on connaît en Basse-Provence et dans la vallée du Rhône. La subsidence n'affecte plus le substratum qui demeure très stable pendant toute la durée de la sédimentation. La limite entre les deux domaines se situe entre les coupes des Mées (4) et de Manosque (5).

I.7. LES FORMATIONS RÉCENTES ET ACTUELLES, POSTÉRIEURES AUX DERNIERS ÉPANDAGES.

Elles sont largement représentées sur l'aire d'affleurement du complexe de Digne-Valensole, en raison de la nature meuble des formations et de la pente topographique en général faible. Après la fin du comblement, marquée par la surface H₁ du plateau (Villafranchien récent), s'installe une importante phase d'érosion qui s'accompagne de plusieurs processus de sédi-

mentation liés aux fluctuations climatiques du Pléistocène moyen et récent.

Les différentes formations qui ont été mises en évidence figurent sur les cartes au 1/50 000 de Forcalquier (n° 943), de Manosque (n° 969), et de Moustiers Sainte-Marie (n° 970).

II. Étude des galets.

II.1. ANALYSE PÉTROGRAPHIQUE DES GALETS DU COMPLEXE DÉTRITICO DE DIGNE-VALENSOLE.

Cette étude a porté sur plus de 120 000 galets représentant les vestiges indurés de la série stratigraphique allant du Paléozoïque endogène et métamorphique au Tortonien supérieur lacustre. Certaines de ces roches sont communes et fréquentes; d'autres sont rares et exceptionnelles. Quatre vingt cinq types et variétés ont été identifiés et classés en huit groupes de roches.

Pour ce qui concerne leur origine, ils peuvent être rangés en trois catégories :

- ceux dont l'origine est indiscutable,
- ceux dont l'origine est incertaine car pouvant provenir de plusieurs étages,
- ceux dont l'origine est inconnue (quartz, calcite, silice, etc.).

La première catégorie est évidemment la plus intéressante : on y retrouve pratiquement toute la série stratigraphique des chaînes subalpines à l'exclusion des galets du socle des massifs cristallins externes (sauf quelques éléments qui peuvent provenir du remaniement de conglomérats éocènes ou oligocènes).

La présence de quelques galets de rhyolite rouge de l'Estérel pose un problème non résolu (bassin-versant différent de l'actuel ou remaniement de vieux conglomérats paléogènes).

Cette étude précise les points suivants :

- 1) les roches exogènes sont les plus fréquentes, les roches endogènes rares ou absentes,
- 2) la faune quand elle est présente, permet de préciser l'âge de l'assise originelle mais le plus

souvent seul un âge approximatif peut être donné,

3) les galets sont plus ou moins altérés, soit durant le transport, soit après leur immobilisation et leur proportion s'accroît dans les épandages non protégés par des dépôts ultérieurs.

II.2. ÉTUDE STATISTIQUE DES DIFFÉRENTES STATIONS DE GALETS.

Elle a porté sur 119 populations réparties depuis le fond du bassin (Nord de Digne) jusqu'en Crau. Pour chaque station 1000 galets ont été étudiés suivant les méthodes classiques aboutissant à deux diagrammes circulaires synthétisant leurs caractères pétrographiques et leur origine. L'étude statistique apporte les résultats suivants :

1) les roches exogènes représentent plus de 95 % du matériel, que ce soit à la base (Miocène supérieur) ou au sommet du comblement (Quaternaire ancien).

2) les deux tiers du stock sont constitués par des galets des groupes A,B,C,D,E et F donc par des éléments en provenance de la séquence sédimentaire de la couverture subalpine de l'arrière-pays.

3) le Jurassique supérieur est plus abondant en fin de comblement, lorsque ce sont les corniches tithoniques des unités subalpines les plus externes qui sont soumises à l'érosion.

4) les roches endogènes sont rares ou absentes, de la base au sommet du remplissage et sans variation notable. On doit donc en déduire que ces matériaux ne proviennent pas d'une érosion directe des massifs cristallins mais d'une reprise de conglomérats antérieurs (oligocènes notamment).

Il faut attendre la mise en place de la terrasse mindélienne pour voir s'accroître leur proportion. En conséquence, le complexe détritique de Digne-Valensole résulte exclusivement d'une érosion des seules unités alpines comprises entre Pelvoux et Argentera-Mercantour et ce, jusqu'au Mindel.

5) L'altération est liée au transport et à la protection plus ou moins satisfaisante d'une lentille graveleuse par les dépôts ultérieurs.

II.3. DISPOSITION COLLECTIVE DES GALETS.

Cette étude a porté sur 392 populations de galets réparties en tous points où affleurerait la formation conglomératique.

En chaque station, 100 galets ont été étudiés suivant les méthodes classiques de A. CAILLEUX et J. TRICART (1963), qui permettent de déterminer le sens d'écoulement des anciens cours d'eau responsables de la mise en place du matériel.

En chaque région une carte a été établie sur laquelle figurent de petites flèches correspondant à chaque station (cf. Manosque au 1/50.000, n° 969, 1972).

Trois zones principales d'alluvionnement sont ainsi mises en évidence dans le bassin de Digne-Valensole.

1) une zone « alpine », dans laquelle le sens d'écoulement est en permanence dirigé vers le centre de la dépression; la pente y est forte (compétence) et l'épaisseur des cailloutis élevée.

2) une zone « provençale », caractérisée par des provinces distributrices plus variées (bordures est, sud-est et sud), où la subsidence est absente, les chenalisations divagantes et les lithofaciés plus variés.

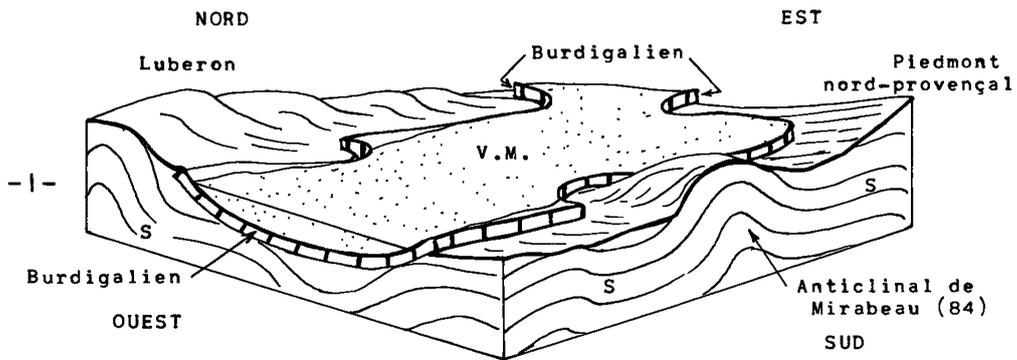
3) une zone « durancienne » qui a joué en permanence le rôle de drain général de tous les cours d'eau.

III. Les minéraux argileux.

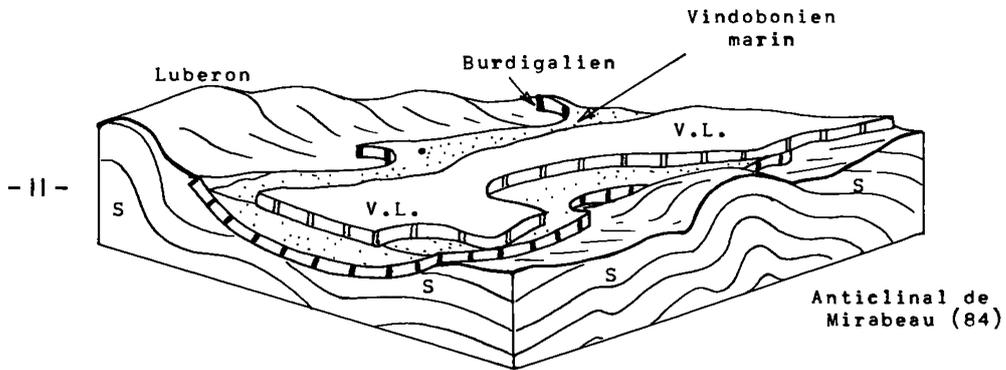
Ils sont présents à tous les stades de la série mio-plio-quatenaire (formation marine, lacustre ou continentale). Ils occupent une place prépondérante dans le complexe détritique de Digne-Valensole (formations de Moustiers et de Puimoisson).

Leur étude par diffractométrie aux rayons X, ayant porté sur 31 échantillons, a donné les résultats suivants :

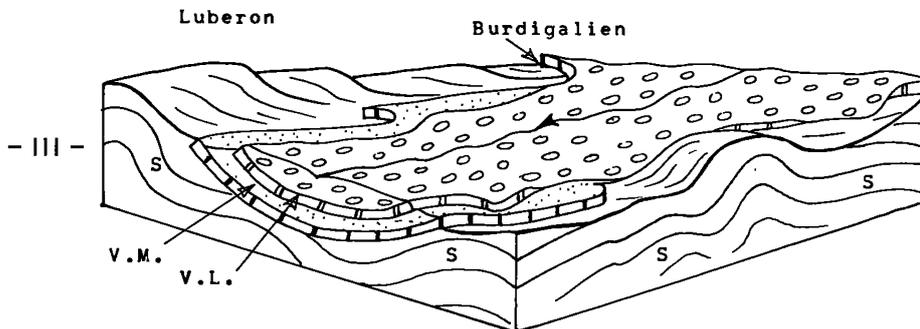
1) La montmorillonite, héritée des séries subalpines dauphinoises, prédomine dans le Miocène marin, la formation conglomératique, la formation de Puimoisson.



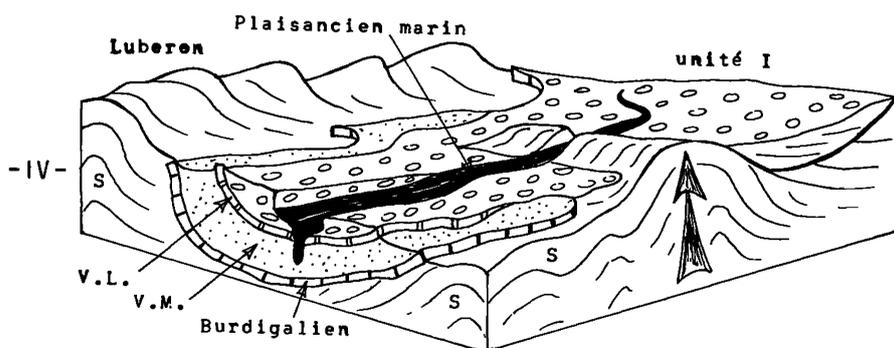
- Miocène marin - S: Substratum ante-miocène
V.M. : Vindobonien marin



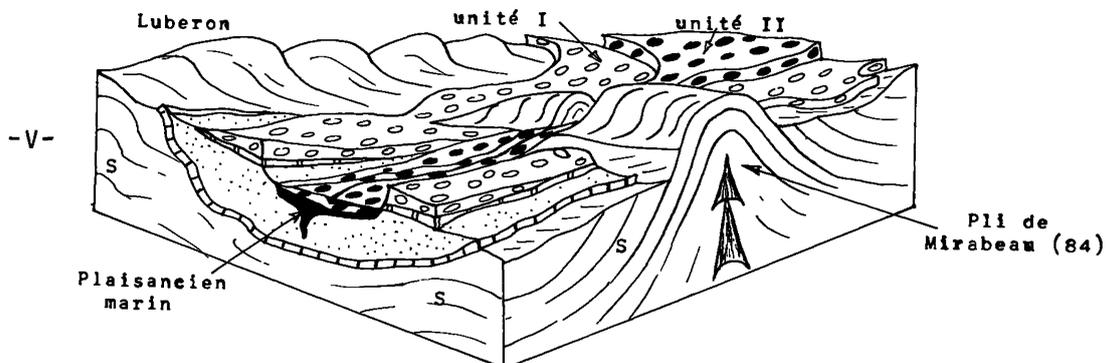
- Miocène lacustre - V.L. : Vindobonien lacustre



- Miocène terminal - Epan dage de la première unité conglomératique mpv, qui peut être localement transgressive sur les terrains sous-jacents. En amont et en aval du pli de Mirabeau (84), les cailloutis sont superposés au Vindobonien lacustre.



- Plaisancien - Transgression - Envahissement par la mer de la ria précédemment creusée.
 + en amont du pli de Mirabeau, le Pliocène est superposé aux cailloutis de l'unité I,
 + en aval, il est en contrebas par rapport à ceux-ci.
 Début de la surrection du pli de Mirabeau (84).



- Pliocène supérieur et Villafranchien -
 Epandage de la seconde unité conglomératique II,
 - superposée à l'unité I en amont du pli,
 - en contrebas de celle-ci en aval du pli.
 Maximum d'intensité de la surrection du pli de Mirabeau qui fait obstacle aux cailloutis situés en amont mais dont une partie s'échappe cependant en aval.

Fig. 5. - Évolution tectonique du seuil de Mirabeau (Vaucluse) du Miocène inférieur au Pléistocène ancien.

2) L'illite et la chlorite sont présentes seulement dans le Miocène continental (Sables de Vinon) où elles sont héritées des massifs cristallins provençaux.

3) La kaolinite est rare et présente seulement dans les derniers stades du comblement, en relation avec les altérations climatiques du Quaternaire ancien (alternance chaleur-humidité).

4) L'attapulгите a été reconnue de manière exceptionnelle dans les niveaux lacustres très

localisés du Tortonien supérieur de la bordure orientale. Elle est liée à des conditions spécifiques (drainage déficient, sédimentation basique, silice et magnésie abondantes : dessalure et néoformation).

IV. La tectonique du bassin et de ses bordures.

Le problème consistait à établir les rapports existant entre les produits de comblement du

bassin de Digne-Valensole et l'évolution structurale des chaînons entourant celui-ci.

Nous avons déjà dit que deux domaines sont à considérer à l'intérieur du bassin : un domaine « alpin » au Nord d'une ligne Les Mées-Saint-Jurs et un domaine « provençal » au Sud.

La dernière phase orogénique alpine se décompose en deux stades paroxysmaux, l'un qui achève le cycle miocène, l'autre le cycle plio-villafranchien. Ces deux stades sont à l'origine des deux unités conglomeratiques, identifiables, comme nous l'avons dit plus haut, dans le domaine « provençal » où elles sont séparées l'une de l'autre par une discordance angulaire (Valveranne) et par le Plaisancien marin (Font-Royer).

Dans le domaine « alpin », la subsidence permanente et la proximité des aires nourricières sont à l'origine de la grande épaisseur de la

séquence néogène et pléistocène et de la nature grossièrement détritique des matériaux pendant toute la durée du comblement. Ce secteur est d'autre part le siège permanent de mouvements tectoniques qui intéressent le substratum et qui déforment en plusieurs rides les dépôts graveleux. Enfin, la surface H₁ qui achève le remplissage n'est pas identifiable, sans doute en raison d'une érosion plus intense.

Le domaine « provençal » au contraire, stable depuis la fin de l'Éocène, ne subit que des contrecoups localisés des contraintes alpines sur la bordure de certains massifs (Luberon, Trévarresse, Costes, Aurons-Vernègues), ainsi rajeunis par des ondes de mouvements d'origine profonde.

Le Miocène marin n'est présent que le long de la vallée actuelle de la Durance où persistent

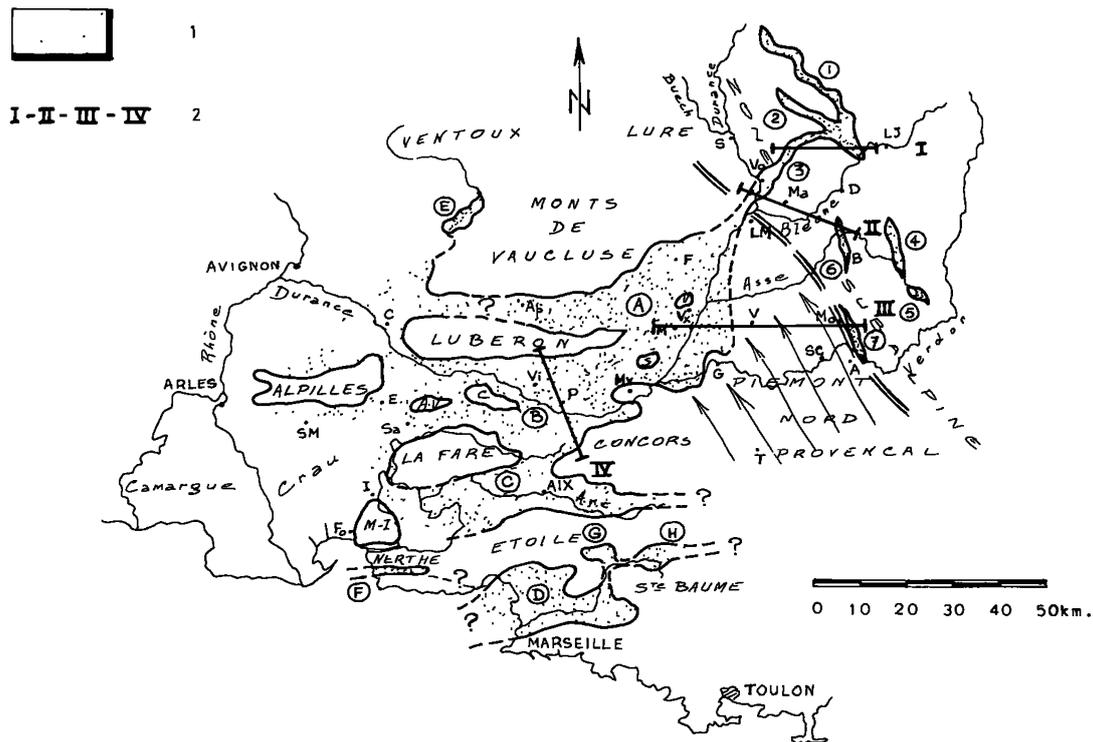


Fig. 6. - Carte paléogéographique du bassin de la moyenne et basse Durance à l'Oligocène.

1 : bassins lacustres plus ou moins réunis entre eux, 2 : emplacements des coupes sériees.

A : Aiguines; Ap : Apt; B : Beynes; C : Cavaillon; D : Digne; E : Eyguières; F : Forcalquier; Fo : Fos-sur-mer; G : Gréoux-les-Bains; I : Istres; LJ : La Javie; LM : Les Mées; M : Manosque; Ma : Mirabeau (Alpes de Haute-Provence); Mo : Moustiers Sainte-Marie; Mv : Mirabeau (Vaucluse); P : Pertuis; S : Sisteron; Sa : Salon; SC : Sainte-Croix du Verdon; SM : Saint-Martin de Crau; T : Travernes; V : Valensole; Vi : Villelaure; Vo : Volonne; Vx : Volx.

les effets de la subsidence, matérialisant la flexure durancienne qui représente sans doute l'accident « cévenol » le plus oriental.

Les conglomérats plio-villafranchiens y sont moins épais et le substratum plus stable favorise la mise en évidence de la surface H₁ du « Plateau de Valensole », qui marque la fin du comblement.

C'est au cours de ce cycle plio-villafranchien que s'édifie le pli de Mirabeau (Vaucluse), de direction alpine en plein secteur provençal (Nord-Ouest - Sud-Est). Il va jouer le rôle de seuil faisant évoluer de manière différente les épandages détritiques de la deuxième unité conglomératique, normalement superposée à la première en amont et « emboîtée » dans celle-ci en aval (fig. 5). Son édification cesse juste avant la mise en place des terrasses quaternaires que l'on retrouve en effet en apparente continuité de part et d'autre du pli.

Les épandages graveleux du bassin de Digne-

Valensole reflètent par ailleurs une onde centrifuge des contraintes tectoniques affectant la chaîne alpine pendant la dernière phase orogénique allant du Miocène supérieur à nos jours. Les premiers dépôts montrent une érosion des zones les plus internes du dispositif tandis que les derniers témoignent d'une érosion des unités les plus externes ou occidentales (Robine, Cousson, Saint-Jurs, Moustiers). Enfin, des mouvements tardifs sont à l'origine d'une lente surélévation des derniers cailloutis de la bordure orientale du bassin, comme de l'effondrement de la zone de Sénas-Organ-Cavaillon, qui fait passer, en Basse-Durance, la Durance de l'état de fleuve à celui d'affluent du Rhône.

V. Reconstitutions paléogéographiques du Néogène et du Pléistocène duranciens.

1) Fin de l'Oligocène (fig. 6)

Domaine provençal : plusieurs grands bassins lacustres plus ou moins réunis entre eux.

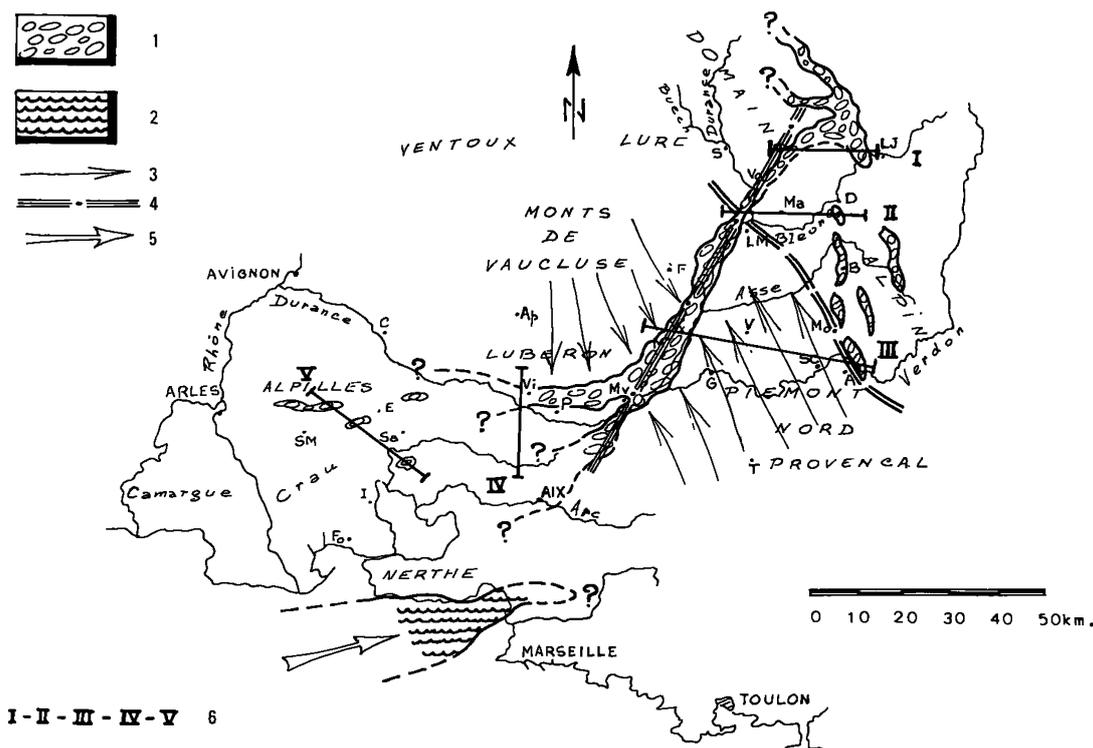


Fig. 7. - Carte paléogéographie du bassin de la moyenne et basse Durance à l'Aquitanien. 1 : Aquitanien (faciès continental), 2 : Aquitanien (faciès marin), 3 : épandages continentaux, 4 : flexure durancienne, 5 : transgression marine, 6 : emplacements des coupes sériees.

Domaine alpin : petits bassins lacustres piégés dans les synclinaux alpins fini-oligocènes ou bien plusieurs grands bassins réunis entre eux comme en Provence mais dont il ne reste plus que les vestiges figurés sur la carte. Les massifs provençaux sont déjà bien individualisés.

2) *Aquitanien* (fig. 7)

Apparition d'une flexure durancienne entre deux môles stables : les Monts de Vaucluse et le Piedmont nord-Provençal.

Des sédiments détritiques issus du Nord-Est (molasse rouge supérieure) sont piégés dans cette gouttière. Début de la transgression marine au Sud de la Nerthe (Carry-le-Rouet).

3) *Burdigalien* (fig. 8)

La mer en provenance du Sud-Ouest transgresse dans le golfe durancien qui se ferme au

Nord de Digne. Ses rivages peuvent être identifiés. Sur le piedmont nord-provençal, début d'épandage des Sables de Vinon. A Moustiers, présence d'une dépression lacustre.

4) *Langhien-Serravallien-Tortonien inférieur* (fig. 9)

Extension plus importante de la mer qui transgresse au-delà du bassin de Marseille. Sur le piedmont nord-provençal, grand développement des Sables de Vinon. Le fond du golfe durancien est le siège d'une subsidence importante (forte épaisseur des dépôts bien que la bathymétrie demeure en permanence faible).

5) *Tortonien supérieur lacustre* (fig. 10)

Généralisation du régime lacustre sur l'ensemble de la région avec une sédimentation

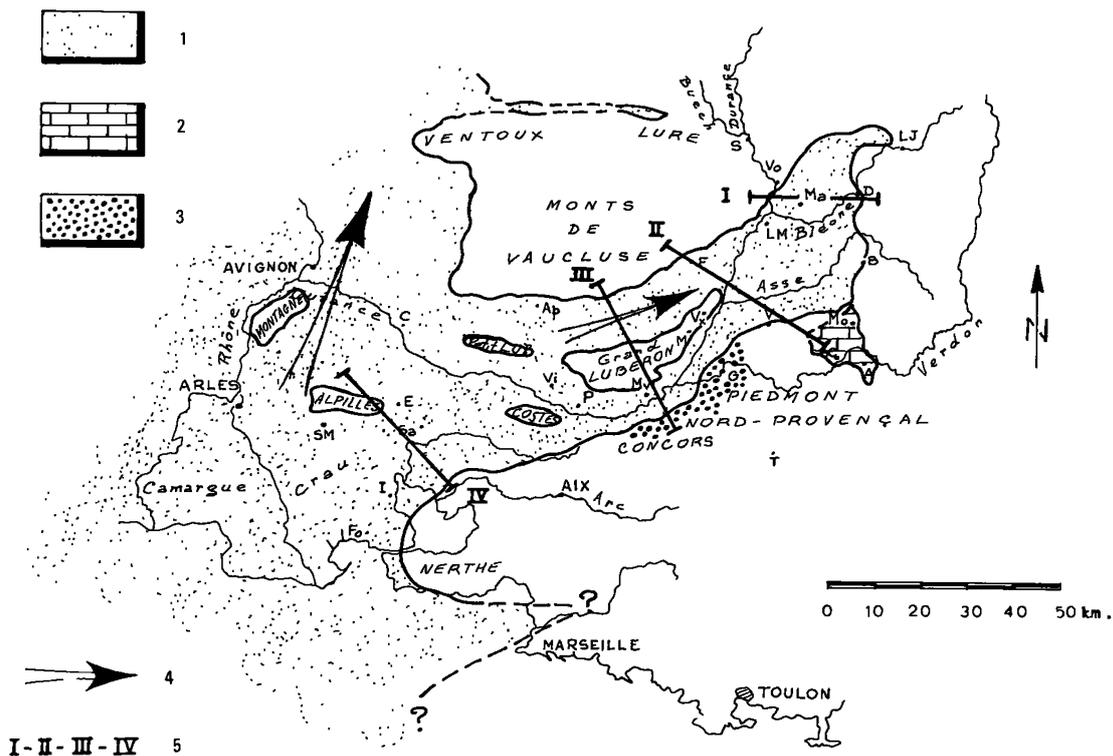


Fig. 8. - Carte paléogéographique du bassin de la moyenne et basse Durance au Burdigalien.
 1 : Burdigalien (faciès marins), 2 : Burdigalien (faciès lacustres), 3 : Sables de Vinon, 4 : transgression marine, 5 : emplacements des coupes sériees (v. liste des abréviations sur la fig. 6).

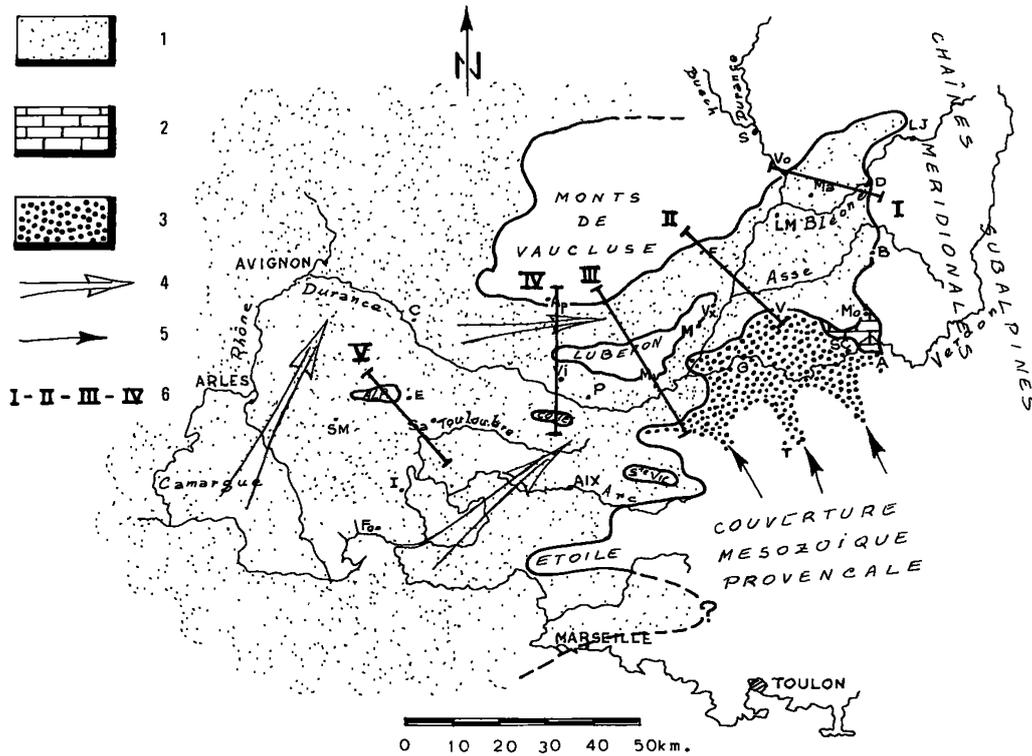


Fig. 9. - Carte paléogéographique du bassin de la moyenne et basse Durance au Langhien-Serravallien-Tortonien inférieur.

1 : faciès marins, 2 : faciès lacustres d'Aiguines, 3 : Sables de Vinon, 4 : transgressions marines, 5 : apports continentaux, 6 : emplacements des coupes sériées. (v. liste des abréviations sur la fig. 6)

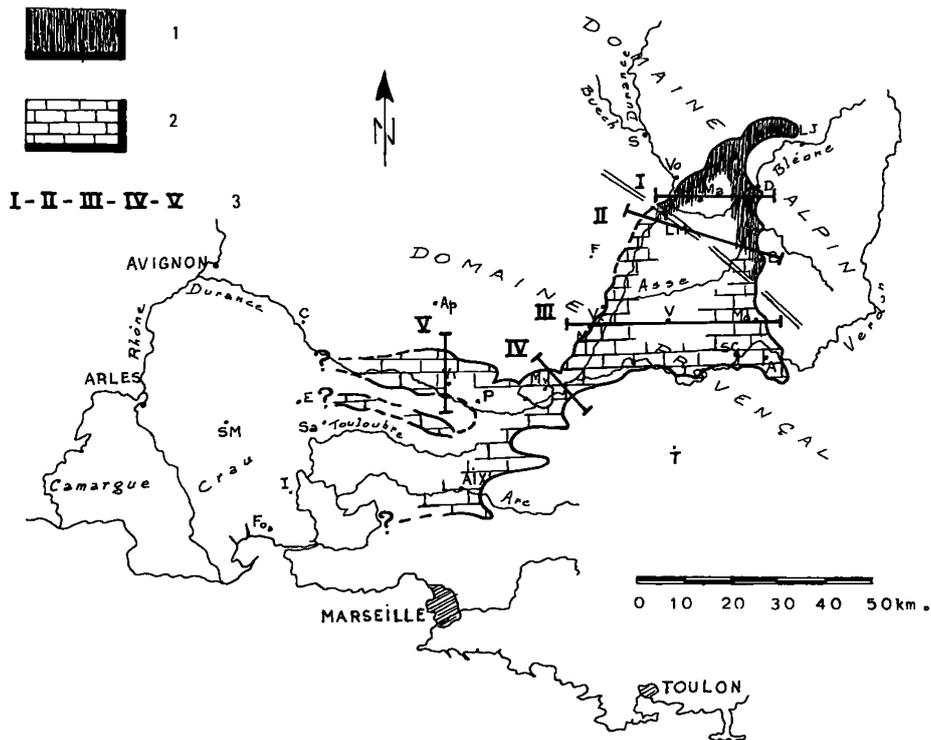


Fig. 10. - Carte paléogéographique du bassin de la moyenne et basse-Durance au Tortonien supérieur.

1 : marnes lacustres, 2 : calcaires lacustres, 3 : emplacements des coupes sériées. (v. liste des abréviations sur la fig. 6).

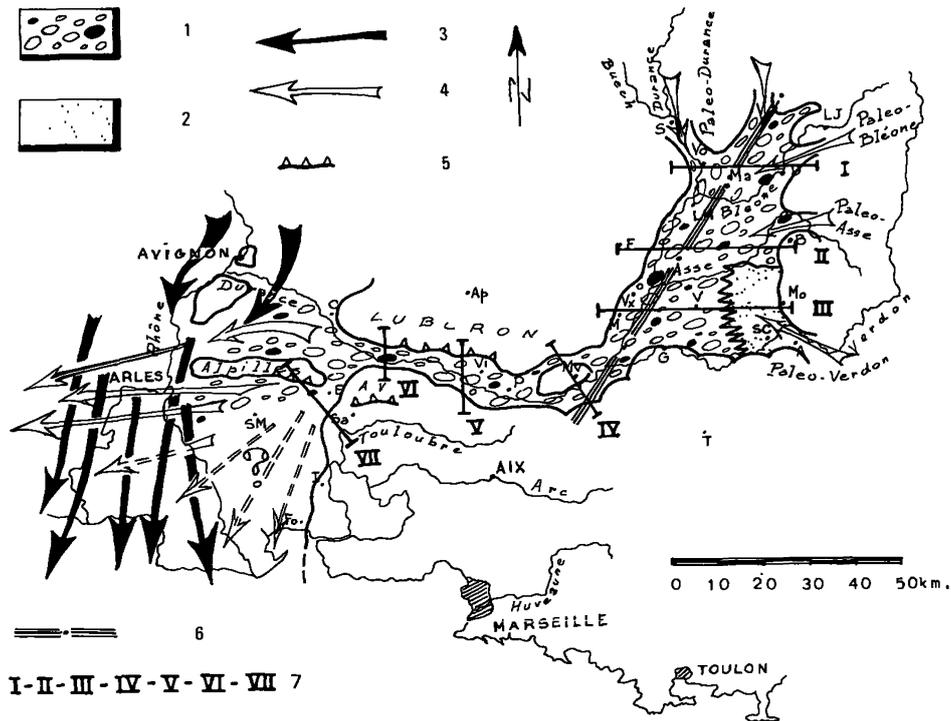


Fig. 11 : Carte paléogéographique du bassin de la moyenne et basse Durance au Messinien-Tabianien.
 1 : Formation conglomératique du complexe détritique de Digne-Valensole, (1^{re} unité), 2 : Formation de Moustiers (marnes rouges), 3 : apports détritiques fluviatiles rhodaniens, 4 : apports détritiques fluviatiles duranciens et affluents, (hypothétiques en Crau), 5 : chevauchements du Luberon, des Alpilles orientales et du Massif d'Aurons-Vernègues (A-V), 6 : flexure durancienne, 7 : emplacements des coupes sériées. (v. liste des abréviations sur la fig. 6).

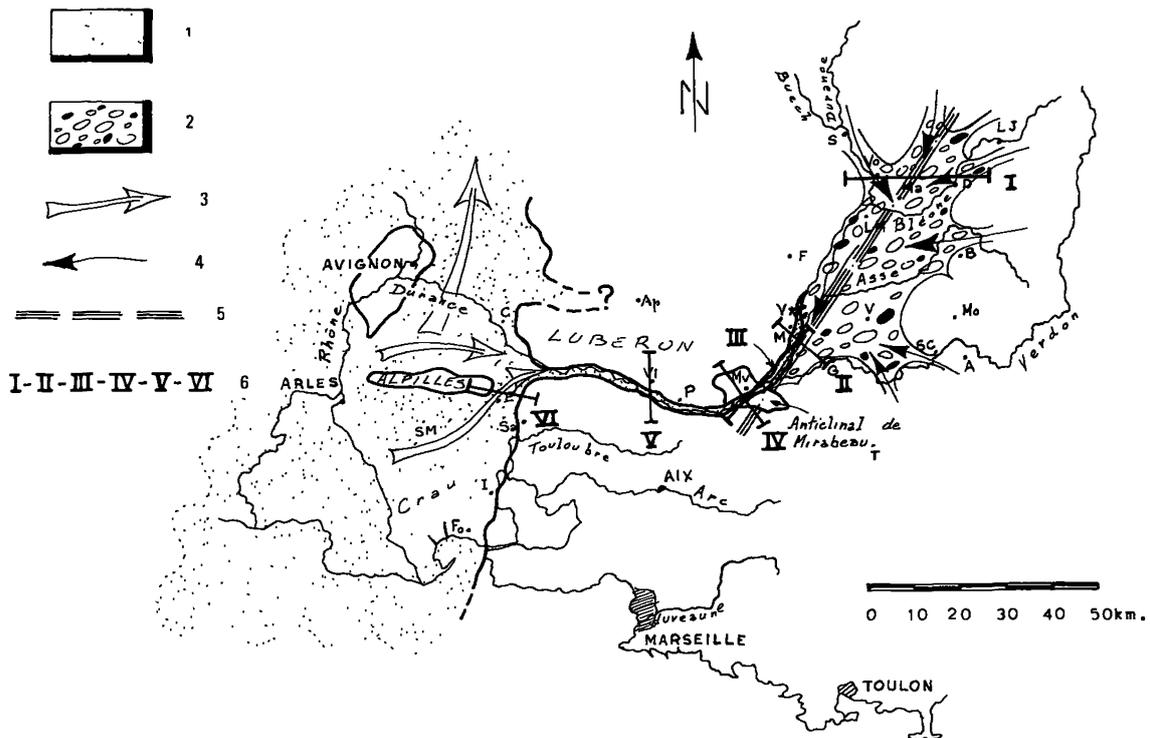


Fig. 12. - Carte paléogéographique du bassin de la moyenne et basse Durance au Plaisancien.
 1 : Plaisancien marin, 2 : Plaisancien continental (faciès détritiques grossiers du Villafranchien ancien), 3 : transgression marine dans la ria, 4 : épandages fluviatiles, 5 : axe de la flexure durancienne, 6 : emplacements des coupes sériées. (v. liste des abréviations sur la fig. 6).

phylliteuse dans le domaine alpin, calcaire dans le domaine provençal.

6) *Messinien-Tabianien : première unité conglomératique* (fig. 11)

Épandage des premiers cailloutis fluviaux en provenance du Nord, du Nord-Est et de l'Est. Leur nature est presque exclusivement exogène : dépôts originaires des unités alpines de couverture localisées entre Pelvoux et Argentera-Mercantour. Les rares roches endogènes sont de seconde génération. Au Sud-Est, dépôts de marnes rouges de la formation supérieure de Moustiers. En Basse-Durance, chenal d'évacuation. En Crau et en rive droite du Bas-Rhône, mélange avec des apports rhodaniens.

7) *Plaisancien* (fig. 12)

Dernière transgression marine qui s'étend jusqu'au Nord de Volx (Font-Royer) et transforme en rias la vallée de la Basse-Durance précédemment creusée. Intense activité de la flexure durancienne qui détermine une discordance entre les deux unités conglomératiques.

8) *Plaisancien supérieur-Calabrien (Villafranchien supérieur) : deuxième unité conglomératique* (fig. 13)

Deuxième phase de déferlement des cailloutis fluviaux sauf dans les secteurs sud-orientaux d'Ajonc, Puimoisson, Ségriès et Moustiers. Ori-

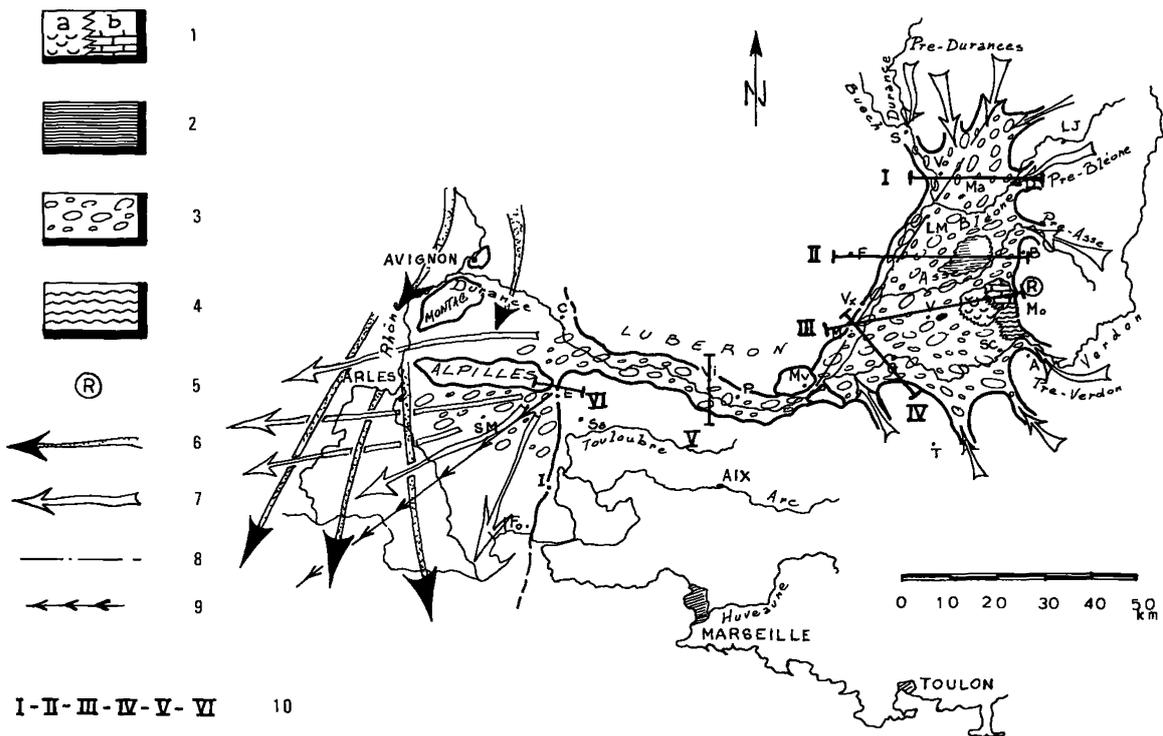


Fig. 13. - Carte paléogéographique du bassin de la moyenne et basse Durance au Plaisancien supérieur-Calabrien. 1a : Formation de Puimoisson, 1b : Formation de Ségriès, 2 : Marnes rouges d'Ajonc, 3 : Formation conglomératique du complexe détritique de Digne-Valensole, (2^e unité), 4 : Formation de Moustiers (marnes rouges), 5 : Résurgence de Ségriès, 6 : apports détritiques fluviaux rhodaniens, 7 : apports détritiques fluviaux duranciens et affluents, 8 : flexure durancienne, 9 : génératrice du cône d'épandage durancien principal en Crau, 10 : emplacements des coupes sériées. (v. liste des abréviations sur la fig. 6).

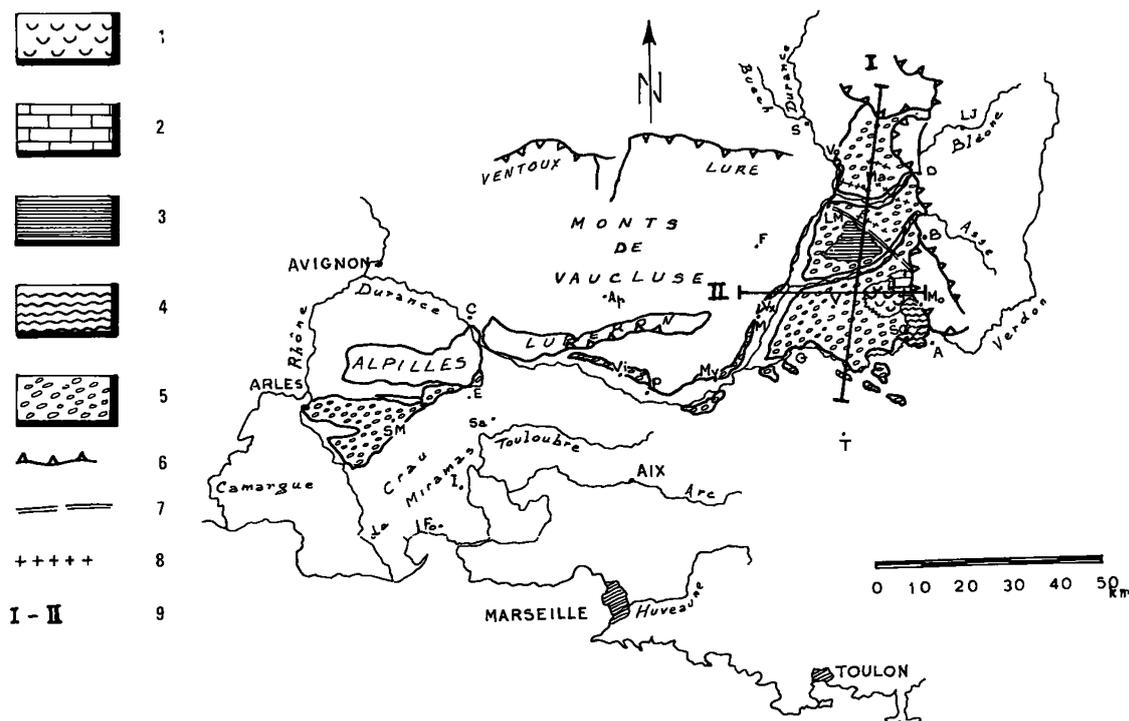


Fig. 14. - Carte du bassin de la moyenne et basse Durance montrant l'aire d'extension actuelle du complexe détritique de Digne-Valensole.

1 : Formation de Puimoisson, 2 : Formation de Ségrès, 3 : Marnes rouges d'Ajonc, 4 : Formation de Moustiers, 5 : Formation conglomératique, 6 : Chevauchements, 7 : limite de séparation des domaines alpin et provençal dans le Bassin de Digne-Valensole, 8 : axes anticlinaux dans le domaine alpin du bassin, 9 : emplacements des coupes de la fig. 15. (v. liste des abréviations sur la fig. 6).

gine des matériaux : Nord, Nord-Est, Est, Sud-Est et Sud.

En amont de Mirabeau (Vaucluse), cette deuxième unité est superposée à la première, tandis qu'en aval, elle y est « emboîtée » (cf. fig. 5).

En Crau, mise en place de la Crau d'Arles ou d'Eyguières et interstratification des apports durançais avec les apports rhodaniens en rive droite du Bas-Rhône.

9) Géologie actuelle (fig. 14 et 15)

La carte de la figure 14 fait apparaître les affleurements actuellement visibles de la formation conglomératique et des autres formations du complexe de Digne-Valensole.

Les coupes de la figure 15 montrent :

- l'individualisation des deux domaines « alpin » et « provençal »,
- les deux unités conglomératiques et la discordance qui les sépare en rive droite de la Moyenne-Durance,
- la conservation de la surface H_1 dans le seul domaine provençal,
- l'âge tardif de la mise en place des chaînons subalpins de Moustiers.

VI. Conclusions.

Le Néogène et le Pléistocène inférieur durançais se raccordent latéralement à leurs homologues de la vallée du Rhône.

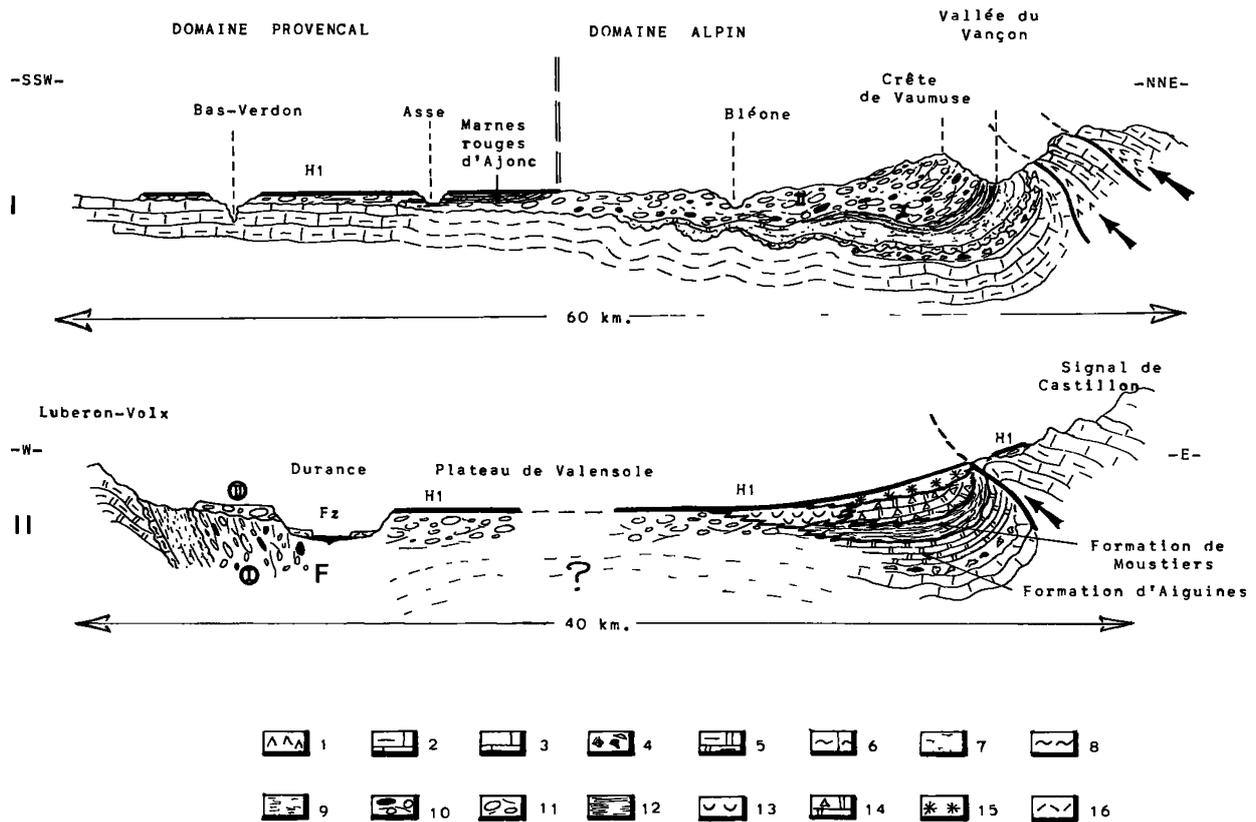


Fig. 15. - Coupes géologiques Nord-Sud et Est-Ouest à travers le bassin de Digne-Valensole.
 1 : Trias; 2 : Jurassique; 3 : Crétacé; 4 : Oligocène-Aquitainien (conglomérats); 5 : Oligocène (calcaires lacustres du Bassin de Manosque-Forcalquier); 6 : Burdigalien; 7 : Langhien-Serravallien-Tortonien inférieur; 8 : Tortonien inférieur marin (« Molasse » de Cucuron) visible seulement entre Luberon et Durance; 9 : Tortonien supérieur lacustre dans le domaine alpin (marnes sableuses); 10 : Formation conglomératique (1^{re} unité I); 11 : Formation conglomératique (2^e unité II); 12 : Marnes rouges d'Ajonc; 13 : Formation de Puimoisson; 14 : Formation de Ségriès; 15 : Formation de Balène; 16 : Terrasses alluviales duranciennes.

Les conglomérats du complexe de Digne-Valensole permettent de différencier l'aire d'extension des deux domaines « alpin » et « provençal » du bassin et montrent l'influence des tectogenèses alpines sur l'âge relativement récent de la mise en place du pli de Mirabeau (Vaucluse) qui se situe sur le tracé de la flexure durancienne dont le rôle est primordial.

Enfin, l'étude des galets montre que les paléoréseaux hydrographiques du complexe de Digne-Valensole n'avaient leurs cours tracés en amont du bassin que sur la couverture sédimentaire des chaînons alpins compris entre Pelvoux et Argentera-Mercantour et que ces massifs cris-

tallins (principalement ceux situés au Nord) ne seront érodés par les cours d'eau qu'à partir du Mindel et surtout au Riss et au Würm, édifiant alors la Crau de Miramas.

Remerciements

L'auteur exprime ses très sincères remerciements à J. DEBELMAS, F. CATZIGRAS, J. PERRIAUX, G. DEMARCO et C. KERCKHOVE, membres de son Jury de Thèse, pour leur aide efficace et leurs remarques pertinentes.

BIBLIOGRAPHIE DE BASE

- BALLESIO (R.) (1972). - Étude stratigraphique du Pliocène rhodanien. *Doc. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon*, n° 53, 333 p., 4 pl., 73 fig., 43 tabl.,
- BAUDRIMONT (A.F.) et DUBOIS (P.) (1977). - Un bassin mésogéen du domaine péri-alpin : le Sud-Est de la France. *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, I, 1, p. 261-308, 24 fig., 1 tabl.
- BERSIER (A.) (1958). - Séquences détritiques et divagations fluviales. *Ecl. géol. Helv.* vol. 51, p. 854-893. *V^e Congrès inter. de Sédimentologie*.
- BOCQUET (J.) (1966). - Le delta miocène de Voireppe; étude des faciès conglomératiques du Miocène des environs de Grenoble. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 42, p. 53-77.
- CAILLEUX (A.) et TRICART (J.) (1963). - Initiation à l'étude des sables et des galets. *C.D.U. Paris*, 3 tomes.
- CORNET (C.) (1965). - Évolution tectonique et morphologique de la Provence depuis l'Oligocène. *Mém. Soc. géol. Fr. nouvelle série*, t. XLIV, fasc. 2, n° 103, 252 p., 12 pl. h.t., 39 fig.
- DEBELMAS (J.) et LEMOINE (M.) (1970). - The Western alps : Paléogeography and structure. *Earth Sc. Rev.* t. 6, p. 221-256.
- DEMARQ (G.) (1962). - Étude stratigraphique du Miocène rhodanien. *Thèse Fac. Sc. Paris*, n° 4723, 400 p., 53 fig. et *Mém. Bur. Rech. géol. min., Paris*, n° 61, 257 p., 56 fig., 4 pl., 4 tabl.,
- ELLENBERGER (F.) (1976). - Epirogenèse et dératonisation. *Bull. B.R.G.M.*, (2), sect. 1, n° 4, p. 357-382.
- FEDOROFF (N.) (1969). - Étude géologique et pédologique des formations continentales supérieures du bassin de Digne. *Thèse Doct. 3^e cyc. Géodyn. ext.*, dactyl.
- GIGOT (P.) (1973). - Nouvelles observations sur la bordure nord-orientale du bassin de Digne-Valensole au front de l'arc de Digne. *C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 276, série D, p. 1123.
- GIGOT (P.), HACCARD (D.) et GRANDJACQUET (C.) (1974). - Évolution tectonosédimentaire de la bordure septentrionale du bassin de Digne depuis l'Éocène. *Bull. Soc. géol. fr.*, (7), XVI, p. 128-139.
- GLANGEAUD (L.) (1962). - Paléogéographie dynamique de la Méditerranée et de ses bordures. Le rôle des phases ponto-plio-quatérnaires. in : Océanographie géologique et géophysique de la Méditerranée Occidentale. *Coll. Nat. Rech. Scient., Villefranche*, p. 125-165.
- GOGUEL (J.) (1936). - Description tectonique de la bordure des Alpes de la Bléone au Var. *Mém. Serv. Carte géol. de la France*, 360 p., 253 fig., 1 carte géol., 1 coupe coul. h-t.
- KERCKHOVE (C.) (1969). - La « zone du Flysch » dans les nappes de l'Embrunais-Ubaye (Alpes occidentales). *Géol. Alpine*, t. 45, p. 5-204.
- LAPPARENT (A.F. de) (1938). - Études géologiques dans les régions provençales et alpines entre le Var et la Durance. *Bull. Serv. Carte géol. de la France, Paris*, t. 40, n° 198, 302 p., 57 fig.
- LATREILLE (G.) (1969). - La sédimentation déritique au Tertiaire dans le Bas-Dauphiné et les régions limitrophes. *Thèse Fac. Sc. Lyon*, n° 567 et *Docum. Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon*, n° 33, 254 p., 78 fig., 39 tabl. et annexe 81 p.
- LOMBARD (A.) (1971). - La nappe du Niesen et son flysch. *Matér. pour la Carte géol. de la Suisse, Nlle sér.*, 141^e livraison, p. 1-251.
- LOMBARD (A.) (1972). - Séries sédimentaires - Genèse - Évolution. *Masson et Cie édit.*, Paris.
- MENNESSIER (G.) (1959). - Étude tectonique des confins alpino-provençaux entre le Verdon et l'Argens. *Mém. Soc. géol. Fr. (nouv. sér.)*, n° 87, 172 p., 52 fig.
- MERCIER (H.) (1971). - Détermination des directions d'écoulement des cours d'eau ayant participé à la mise en place des conglomérats de Valensole sur la feuille de Manosque au 1/50 000. *Ann. Univ. de Provence, Sciences*, t. XLVI, p. 211-233.
- MERCIER (H.) (1978). - Le Néogène et le Pléistocène inférieur duranciens. *Thèse, Grenoble*, n° 78.167, 398 p., 76 fig., 26 pl., 119 diagr.
- MILLOT (G.) (1964). - Géologie des Argiles - Altération, Sédimentologie, Géochimie. *Masson et Cie édit.*, Paris, 409 p.
- TRÜMPY (R.) et BERSIER (A.) (1954). - Les éléments des conglomérats oligocènes du Mont Pèlerin - Pétrographie, statistique, origine. *Ecl. géol. Helv.*, (47), n° 1, p. 119-166, 6 fig., 2 tabl.
- ÜNALAN (G.) (1970). - Étude géologique de la bordure ouest de l'arc de Castellane (Alpes de Haute-Provence, Var). *Thèse Doct. 3^e cycle, Grenoble*, 76 p., 5 fig., 41 pl. h-t.