

LA FORMATION ALLUVIALE A FLORE FOSSILE DES FONTAINES  
 (DIGNE-ALPES DE HAUTE PROVENCE):  
 UN JALON IMPORTANT DANS L'EVOLUTION TECTOROGENIQUE  
 TARDIVE DE L'ARC SUBALPIN DE DIGNE

Par Maurice JORDA\*, Paul ROIRON\*\*, Jean-Louis VERNET\*\*

RESUME. - Dans la zone frontale du grand chevauchement subalpin de Digne (Alpes de Haute Provence) le "Conglomérat des Fontaines" est une formation alluviale associée latéralement à des brèches de pente et surmontée par des sables et des limons à macrorestes végétaux. La paléoflore foliaire est dominée par des espèces typiquement néogènes mais l'absence de taxons à affinités subtropicales semble indiquer que le dépôt a eu lieu pendant une phase tempérée à fraîche de la fin du Pliocène ou du début du Quaternaire. Le conglomérat est affecté par des déformations synsédimentaires qui témoignent d'une activité tectonique tardive de la zone frontale dont les effets ont été aussi enregistrés par les nappes alluviales pléistocènes de la vallée de la Bléone voisine. L'ensemble du phénomène est en relation avec le jeu d'un décrochement dextre subméridien (accident Bès-Bléone) qui s'est poursuivi au cours du Quaternaire. Cette tectogénèse tardive ne semble pas avoir modifié l'extension du chevauchement acquise au cours du Pliocène, mais elle est en grande partie responsable du volume montagneux actuel.

ABSTRACT. - In the great subalpine overthrust-fore set zone of Digne (Alpes de Haute Provence) the "Conglomerat des Fontaine" is an alluvial formation laterally associated with slope breccia, and topped by sands and silts with vegetal macrorests. Leafy paleoflore is dominated by typically neogene species, but the lack of taxons with subtropical affinities seems to indicate that the deposit has occurred during a temperate to cool phase of last Pliocene or early Quaternary. The conglomerate is affected by synsedimentary deformations giving evidence of a late tectonic activity of the fore-set zone whose effects have also been recorded by pleistocene alluvial sheets of the neighbouring Bleone valley. The whole phenomenon is related to a dexter submeridian shift (Bes-Bleone accident) that occurred during Quaternary. This late tectogenesis does not seem to have modified the overthrust extension acquired in Pliocene, but it is largely responsible of the present mountain volume.

Le massif du Cousson (1516 m) qui domine au Sud la ville de Digne et la vallée de la Bléone appartient à la zone frontale du grand chevauchement subalpin dont les terrains triasico-liasiques viennent en recouvrement sur les formations néogènes du bassin de Digne-Valensole. Dans sa partie septentrionale le massif a conservé des lambeaux de formations alluviales ou torrentielles anciennes (Fig.1). L'absence de coupes naturelles ne permet pas toujours de définir clairement les relations géométriques de ces dépôts avec les écaillés et les replis complexes qui affectent localement la zone subalpine frontale. Cependant au lieu-dit "Les Fontaines" une épaisse formation conglo-

\* Institut de Géographie, Université d'Aix-Marseille II.

\*\* Laboratoire de Paléobotanique, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.

mératique et sablo-limoneuse de faciès assez proche des précédentes s'interpose au sein du chevauchement entre un synclinal NW-SE de calcaires liasiques déversé à l'Est-synclinal de Caramantran- et l'unité principale, monoclinale vers l'Est, du *chevauchement du Cousson*. Cette formation a été signalée pour la première fois en 1973 par P.GI-GOT qui l'interprète comme un témoin isolé de la "partie élevée, voire terminale" du complexe néogène de Valensole, déformé par la tectonique lors de la mise en place définitive du grand chevauchement subalpin.

L'intérêt de ce dépôt a été renouvelé par la découverte d'abondants macrorestes végétaux dans les limons sableux associés aux conglomérats (JORDA 1982). Les résultats des analyses paléofloristiques, stratigraphiques et sédimentologiques et la mise en évidence récente dans ce secteur subalpin d'une importante tectogénèse quaternaire conduisent à reprendre l'interprétation chronologique et morphotectonique de la coupe des Fontaines.

### 1. CARACTERISTIQUES STRATIGRAPHIQUES ET TECTONIQUES DE LA FORMATION DES FONTAINES.

Une coupe d'ensemble de la formation s'observe à l'amont des ravins qui éventrent le flanc méridional du gradin de la ferme des Fontaines (920 m). L'accumulation dessine globalement un repli en forme de S très étiré (Fig. 2).

#### 1.1. La partie occidentale de la coupe (Fig. 2; coupe c).

La formation débute par un conglomérat très hétérométrique épais de 3 à 4 m, redressé à 60° et orienté N 130, qui repose en discordance d'érosion de 90° sur les calcaires liasiques du flanc normal du synclinal de Caramantran. Le matériel grossier est formé de blocs calcaires et de cailloutis anguleux d'origine locale (calcaires du Lias) associés à des galets et petits blocs émoussés constitués essentiellement de calcaires du Jurassique supérieur (Tithonique), du Crétacé subalpin et plus rarement du Lias et du Dogger. Il s'y ajoute quelques éléments de grès arkosiques ou de faciès mollassique. De nombreux galets portent des stries et des impressions d'origine tectonique.

Le conglomérat est surmonté en concordance stratigraphique par une dizaine de mètres de sables oxydés, partiellement grésifiés, et de limons sableux qui contiennent la flore des Fontaines. Des grès de faciès identique arment le gradin de la ferme au-dessus de la coupe. La partie inférieure de ces dépôts fins présente un litage irrégulier souligné par un grano-classement vertical assez fruste et la différenciation de lamines millimétriques dans les horizons limoneux. Les séquences rythmiques les plus nettes sont séparées par des horizons ferruginisés fortement indurés.

Ces caractéristiques évoquent un dépôt dans une nappe d'eau de lit majeur soumise sans doute à un assèchement périodique ou saisonnier. La plupart des feuilles contenues dans les limons sableux sont enroulées sur elles-mêmes et incorporées en désordre au sédiment. Elles semblent avoir été apportées par des écoulements turbides responsables par ailleurs du grano-classement vertical.

La partie supérieure du dépôt est beaucoup plus limoneuse et homogène. Les débris végétaux se raréfient. Cette évolution du sédiment pourrait témoigner d'une modification de l'environnement bioclimatique du site et des conditions morphodynamiques. Le pendage des lits sablo-limoneux, conforme à celui des conglomérats à la base, s'atténue sensiblement vers le sommet de l'accumulation et témoigne ainsi d'une déformation synsédimentaire de l'ensemble.

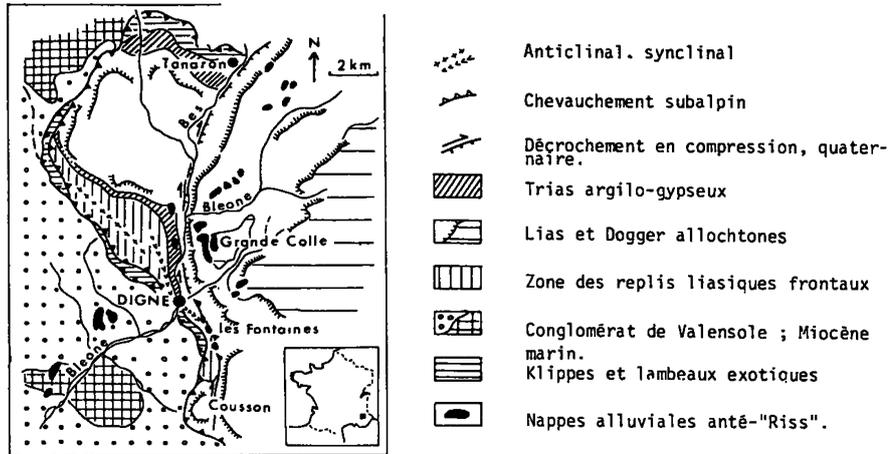
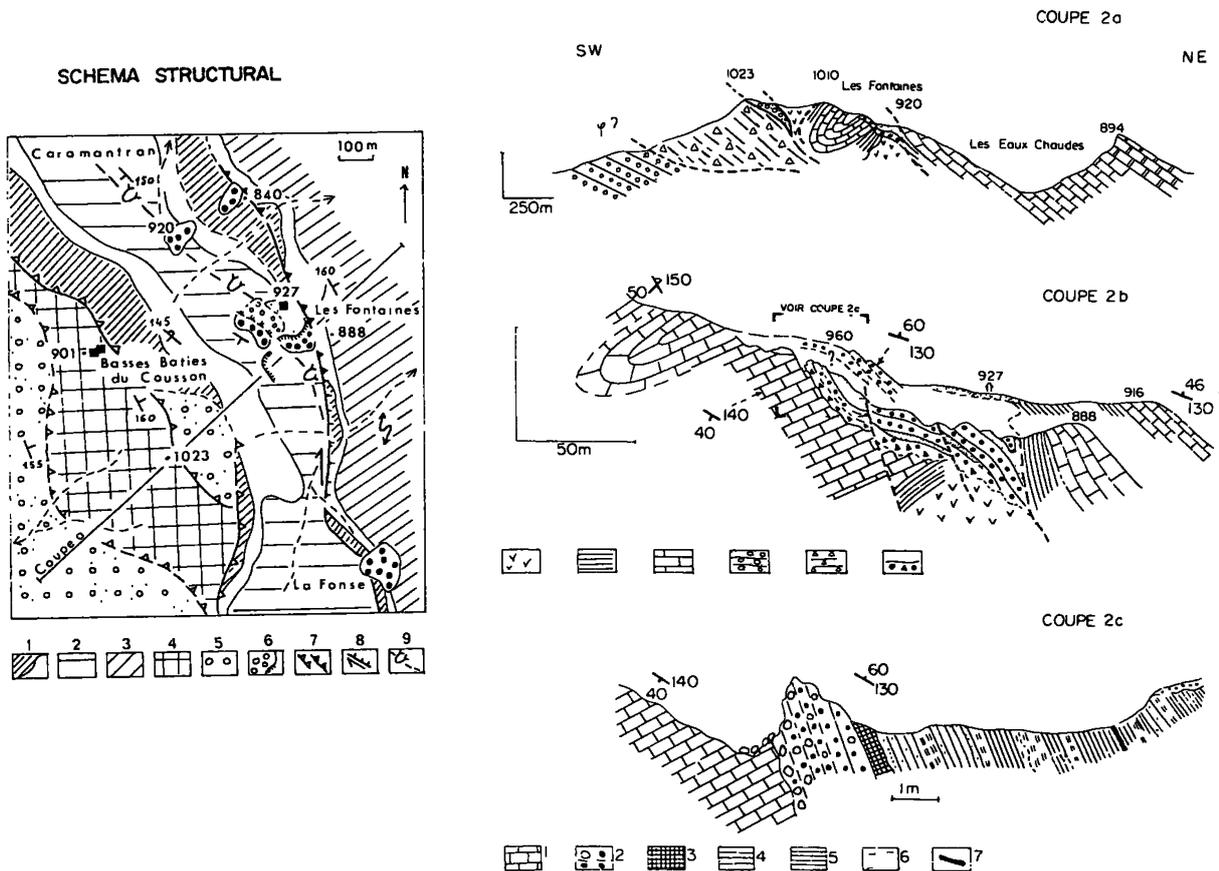


Fig.2 - LA FORMATION DES FONTAINES



**LEGENDE** SCHEMA STRUCTURAL 1. Trias ; Rhétien ; 2. Zones des replis liasiques frontaux ; 3. Unité chevauchante principale ; 4. Klippes et lambeaux exotiques ; 5. "Conglomérats de Valensole" ; 6. Nappe alluviale ; 7. Chevauchement subalpin ; 8. Décrochement en compression ; 9. Synclinal déversé.

COUPES a et b. - 1 Trias gypseux ; Rhétien ; 3. Calcaires du Lias inf. ; 4. Zone des lambeaux exotiques ; 5. Conglomérat de Valensole ; 6. Formation des Fontaines (conglomérats et limons sableux).

COUPE c. - 1. Lias broyé ; 2. Conglomerats à breche de pente ; 3. Niveaux gresieux ; 4. Niveaux sableux ; 5. Sables limoneux ; 6. Limons homogènes ; 7 Niveau ferruginise, induré.

### 1.2. La partie médiane de la coupe (Fig. 2, coupe b).

Le conglomérat nettement fluviatile (réduction du pourcentage d'éléments anguleux) apparaît là sous sa plus grande épaisseur, une trentaine de mètres. Il adhère à la base aux calcaires du Lias inférieur du synclinal de Caramantran et repose, plus à l'Est, sur le Rhétien et le Trias argilo-gypseux. Quelques lentilles sablo-limoneuses s'individualisent au sein des bancs caillouteux dont le pendage moyen, plus faible que dans la partie occidentale (30 à 40°), s'atténue de la base au sommet de l'accumulation. Le dispositif géométrique d'ensemble fait apparaître une flexuration du dépôt accompagnée de cisaillements inverses et de discordances intra-formationnelles progressives.

### 1.3. La partie orientale de la coupe (Fig. 2, coupe b).

Les pendages vers l'Est s'accroissent de nouveau (50 à 60°) et parachèvent la déformation en repli étiré. Le conglomérat entre en contact par une faille inverse sub-méridienne avec les cargneules triasiques de la semelle de l'unité chevauchante orientale du Cousson. Mais le plus souvent des sables limoneux grésifiés à débris végétaux identiques à ceux de la partie occidentale s'interposent entre le conglomérat et le Trias chevauchant. On les suit sur le versant jusqu'à la ferme des Fontaines où ils coiffent le replat. Ces observations conduisent à admettre une corrélation stratigraphique entre les divers affleurements de sables limoneux dont le dépôt a accompagné ainsi la fin de la sédimentation alluviale.

En résumé, la coupe des Fontaines montre une formation fluviatile évoluée nourrie à l'Ouest par des apports grossiers de versant (faciès de brèche d'écroulement synorogénique) et surmontée par des sables et des limons abandonnés dans un fond alluvial temporairement inondé ou marécageux. L'ensemble du dépôt est contemporain d'un épisode tectonique dont témoigne la flexuration synsédimentaire du matériel et la présence dans la masse de l'accumulation de galets tectonisés. L'activité tectonique et érosive a vraisemblablement connu un répit au cours de la sédimentation des sables limoneux, homogènes sur une grande épaisseur, mais la déformation définitive est postérieure au dépôt comme l'indique, à l'Est de la coupe, le recouvrement des conglomérats par l'unité liasique orientale du Cousson.

## 2. LE CONTENU PALEOFLORESTIQUE.

L'étude de la flore des Fontaines porte sur une centaine d'échantillons foliaires récoltés dans des niveaux sablo-argileux. Les empreintes, de couleur brune, sont dépourvues de matière organique et dans l'ensemble médiocrement conservées, en particulier les bords.

### - *Abies* sp. (Planche I, fig. 1).

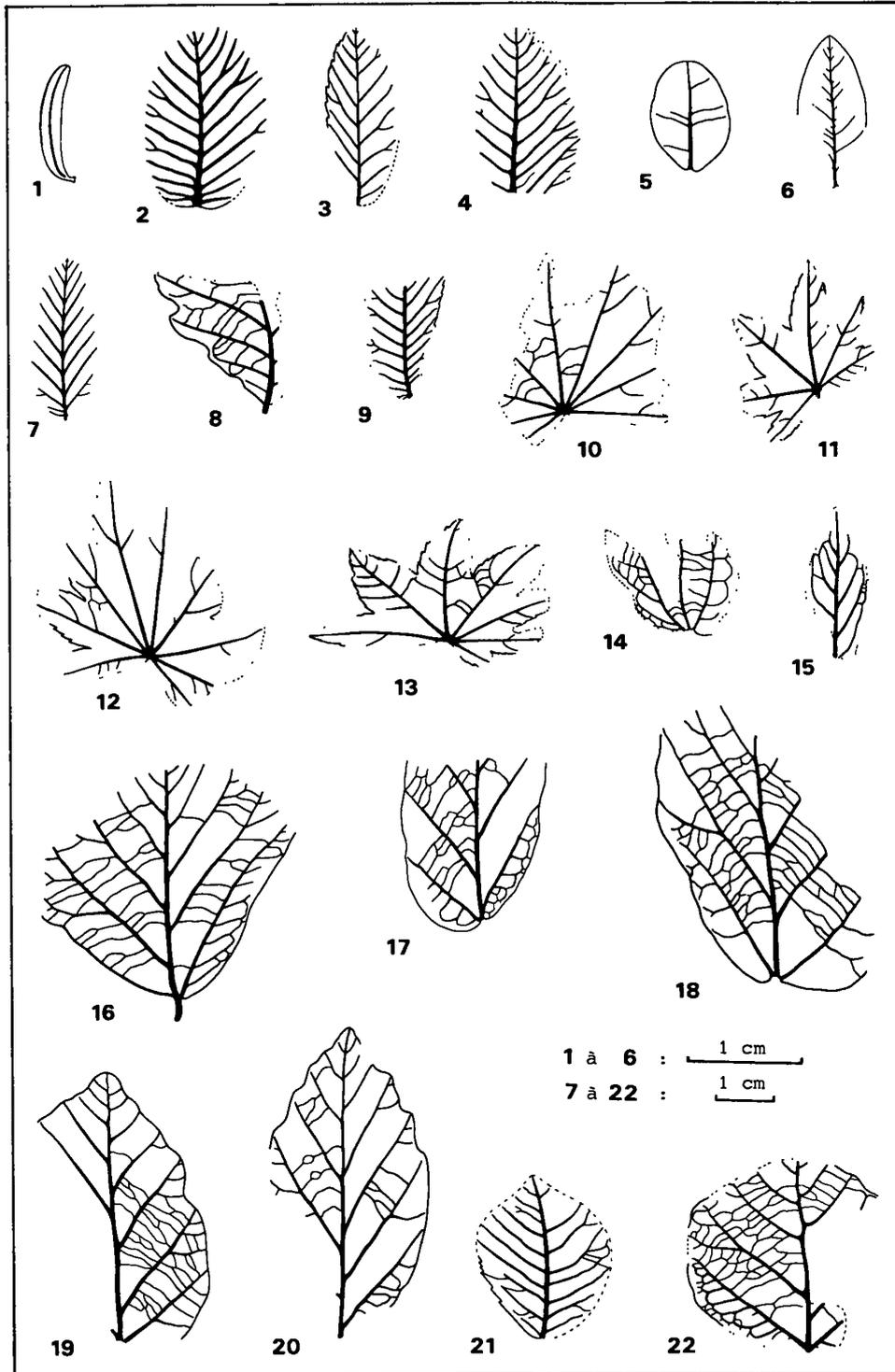
Feuille de 12 mm de long sur 2 mm de large, à base tordue et munie d'une petite ventouse. Elle rappelle *Abies ramesi* Sap. du Pliocène du Cantal (LAURENT, 1904) à sommet arrondi au contraire de l'actuel *Abies alba* Mill. dont le sommet est échancré. *Abies ramesi* est rapproché d'*Abies numidica* de Lann. d'Algérie, d'*Abies cilicica* Carr. d'Asie mineure et d'*Abies lasiocarpa* Lindl. d'Amérique du nord. D'autres feuilles de Gymnospermes, plus ou moins complètes et pouvant appartenir à d'autres genres, ont été observées.

### - *Carpinus suborientalis* Sap. (Planche I, fig. 7)

Plusieurs feuilles de 22 à 30 mm de long sur 12 à 18 mm de large. Le bord est mal visible. Elles présentent 8 à 10 paires de nervures secondaires. Des feuilles de ce type recouvrent plusieurs espèces de Charmes et sont communes au Néogène.

### - *Quercus* sp. (Planche I, fig. 8)

Nous rapportons à un Chêne à feuillage caduc deux ou trois fragments de feuilles lobées.



LEGENDE - 1: *Abies* sp.; 2 à 4: *Ulmus plurinervia* Ung.; 5,6: *Buxus pliocenica* Sap. et Mar.; 7: *Carpinus suborientalis* Sap.; 8: *Quercus* sp.; 9: *Carya minor* Sap. et Mar.; 10 à 13: *Acer polymorphum* Sieb. et Zucc.; 14: cf. *Paliurus*; 15: *Daphnogene ungeri* Heer; 16 à 20: *Hamamelis* cf. *japonica* Sieb. et Zucc.; 21: *incertae sedis*; 22: *incertae sedis*.

- *Ulmus plurinervia* ung. (Planche I, fig. 2 à 4)

Petites feuilles presque symétriques à 9-11 paires de nervures, longues de 20mm environ. Les bords sont dentés et les nervures se ramifient fréquemment aux deux-tiers environ de leur course. *Ulmus plurinervia* (UNGER, 1947; HEER, 1856; BERGER, 1955) est connu du Néogène d'Europe occidentale. Il est proche de l'actuel *Ulmus campestris* L.

- *Carya minor* Sap. et Mar. (Planche I, fig. 9)

Fragment de limbe dissymétrique à contour denté présentant huit paires de nervures secondaires bifurquées. Cette espèce est connue depuis la fin de l'Oligocène jusqu'au Pléistocène ancien.

- *Acer polymorphum* S. et Z. *pliocenicum* Sap. (Planche I, fig. 10 à 13)

Il s'agit de feuille palmatilobées, pourvues de fines dents et de 6 à 9 nervures primaires définissant autant de lobes. La largeur des feuilles varie de 40 à 50mm. Ces empreintes sont semblables aux feuilles fossiles d'*Acer polymorphum pliocenicum* décrites notamment dans des gisements mio-pliocènes du Sud de la France par SAPORTA (1879) et LAURENT (1904). *Acer polymorphum pliocenicum* est rapproché de l'actuel *Acer palmatum* Thunb. (= *Acer polymorphum* Sieb. et Zucc.) qui vit en Corée et au Japon.

Parmi ces échantillons, deux feuilles possèdent seulement 6 à 7 nervures déterminant des lobes aigus et finement dentés. Le nombre et la denticulation des lobes peuvent permettre un rapprochement avec *Acer sanctae-crucis* Stur. Cet Erable, connu au Miocène (STUR, 1867; WALTHER, 1972) et au Pliocène (GIVULESCU et GHIURCA, 1969; GIVULESCU, 1980), est également rapproché de l'actuel *Acer palmatum*;

- *Buxus pliocenica* Sap. et Mar. (Planche I, fig. 5,6)

Nous attribuons à cette espèce trois feuilles de petite taille, de 10 à 14 mm de long sur 6 à 7 mm de large. Le contour est ovale et les nervures secondaires s'insèrent selon des angles très ouverts, de 60 à 80°. Par leur taille, ces feuilles sont un peu plus petites que celles de *Buxus pliocenica*, espèce très voisine de *Buxus sempervirens* L. (SAPORTA, 1879). Elles rappellent aussi une espèce qui croît en Chine et au Japon, *Buxus microphylla* S. et Z. var *sinica* Rehd. *Buxus pliocenica* est connu en particulier dans la flore pliocène de Meximieux (SAPORTA et MARION, 1876).

- cf. *Paliurus* (Planche I, fig. 14)

Il s'agit d'un fragment de feuille déformé, à trois nervures principales partant d'un même point; les deux latérales, un peu courbes, portent des ramifications formant des arcs sur les bords. La base est apparemment cordée. Cette feuille est voisine de *Paliurus australis* Gaertn. et rappelle *Paliurus tiliaefolius* (Ung.) Buzek du Miocène inférieur de Petipsy (BUSEK, 1971). Les feuilles rapportées par BUZEK à cette espèce sont associées à des fruits de *Paliurus*. Sinon, il est difficile de distinguer sur les seules feuilles *Paliurus* de *Zizyphus*. Chez *Paliurus*, les feuilles sont cependant plus fréquemment cordées et symétriques.

- *Daphnogene ungeri* Heer (Planche I, fig. 15)

Feuille incomplète, de petite taille, lancéolée, dépassant 30 mm de longueur pour 12 mm de large. Les quatre à cinq paires de nervures s'incurvent et se rejoignent en arcs. GIVULESCU (1968) décrit une feuille assez proche de la nôtre qu'il rapporte à *Neolitsea* sp. Notons que RANIECKA-BOBROWSKA (1962) rapproche *Daphnogene ungeri* de *Neolitsea sericea* (Blume) Koidz. *Daphnogene ungeri* est fréquent durant tout le Néogène. On le rencontre jusque dans le Pliocène de Barcelone (ALMERA, 1907) ou du Languedoc (ROIRON, 1979).

- *Hamamelis* cf. *japonica* Sieb. et Zucc. (Planche I, fig. 16 à 20). Nous rapportons au genre *Hamamelis* une trentaine d'empreintes de feuilles ovales à base obtuse, cordiforme et asymétrique, à sommet aigu et bords sinueux dans la partie supérieure. L'angle d'émergence de la première paire de nervures varie de 30 à 60° et celles-ci n'atteignent presque jamais la moitié du limbe. TRALAU (1963) doute de la va-

leur des déterminations foliaires chez les Hamamélidacées et regroupe la plupart des fossiles néogènes appelés Hamamelis, Fothergilla et Parrotia sous le nom de Parrotia persica. Pourtant, l'examen de nombreuses feuilles actuelles de Parrotia persica et d'Hamamelis montre que la distinction entre genres reste possible. En effet, aucune feuille de Parrotia persica ne présente de base fortement cordée. L'angle des nervures basales est en général plus aigu chez Parrotia que chez Hamamelis. La distinction entre certaines espèces d'Hamamelis reste difficile. Cependant, la forme de la base des feuilles fossiles de Digne permet de les rapprocher plutôt de l'espèce actuelle Hamamelis japonica. Le genre Hamamelis est présent du Miocène au Pliocène en Europe (ANDREANSZKY, 1959).

- Incertae sedis

n° 1 (Planche I, fig. 21)

Cette feuille ou foliole asymétrique à bords finement dentés a été comparée en vain à différentes espèces de Fraxinus et Rhus.

n° 2 (Planche I, fig. 22)

Il s'agit de trois ou quatre feuilles orbiculaires à bords entiers. Une première paire de nervures basales porte des ramifications formant des séries d'arcs. La présence de bords entiers et d'arcs élimine les genres Alnus, Tilia et Parrotiopsis. D'autre part, les feuilles arrondies de Populus alba L., dont la première paire de nervures remonte jusqu'au tiers supérieur du limbe en s'incurvant, ne peuvent correspondre à ces échantillons.

Si, du point de vue des paléovégétations, il est prématuré d'avancer des comparaisons sur la base de cette étude, il n'en demeure pas moins que certaines implications d'ordre paléoclimatique peuvent être suggérées. *Aucun des restes rencontrés ne témoigne de conditions vraiment chaudes*, la présence de taxons montagnards comme Abies ou à un moindre degré Acer palmatum voire Hamamelis et Carpinus indiquant plutôt des *conditions humides et fraîches* mais, comme à l'accoutumée, ces conditions sont sans doute en partie exagérées par le mode de dépôt. Par sa composition, notamment les Erables, les Charmes et la rareté des Chênes, *cette flore rappelle celle du gisement éburonien de Bernasso daté de -1,6 MA* (ILDEFONSE et al., 1976; SUC, 1978; VERNET, 1981).

Du point de vue écologique, cette flore dominée par Hamamelis, Acer et Carpinus, présente des affinités avec celle de la zone tempérée du Japon qui succède en altitude à la zone subtropicale. On trouve en effet dans cette région des forêts comprenant des arbres à feuillage caduc dont Acer palmatum, Acer japonicum et Acer mono, Carpinus cordata et Carpinus japonica, Hamamelis japonica, Quercus mongolica, Ulmus laciniata... et de nombreux Conifères dont Abies, Larix, Pinus, Pseudotsuga (OHWI, 1965). Cette flore tempérée a des relations étroites avec celles de plusieurs régions froides et montagneuses d'Asie (Corée, Chine, Himalaya).

#### Conclusion.

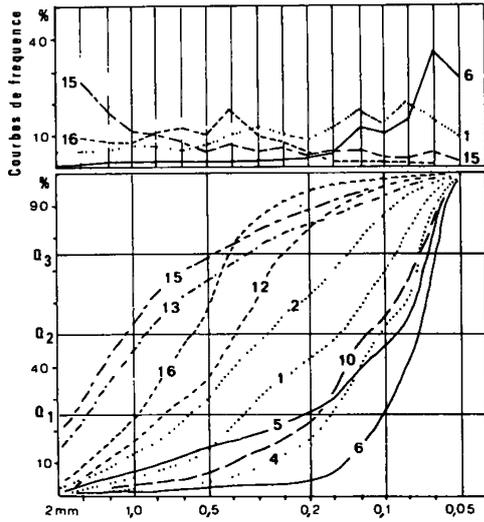
La formation des Fontaines constitue un jalon intéressant dans l'évolution du milieu végétal fini néogène du domaine subalpin des Préalpes de Digne. Chacun des taxons de la flore, pris séparément, a une extension chronologique qui couvre l'ensemble du Néogène. En revanche, les flores connues de cette période sont généralement riches en Taxodiacées, Lauracées (Cinnamomum, Laurus...), Quercus, Fagus, Zelkova, Liquidambar, Platanus... et reflètent une végétation subtropicale ou tempérée chaude.

On peut s'interroger sur l'absence des taxons chauds qui pourrait être due à un problème de fossilisation ou correspondre à une réelle absence. Nous penchons plutôt pour la deuxième hypothèse qui s'accorde mieux avec d'autres observations dans le volcanisme du Sud du Massif Central (ILDEFONSE et al., 1976; SUC, 1978; VERNET, 1981; BRUGAL et al, à paraître). *On pourrait donc attribuer la flore des Fontaines à une phase de refroidissement de la fin du Néogène ou du début du Pléistocène.*

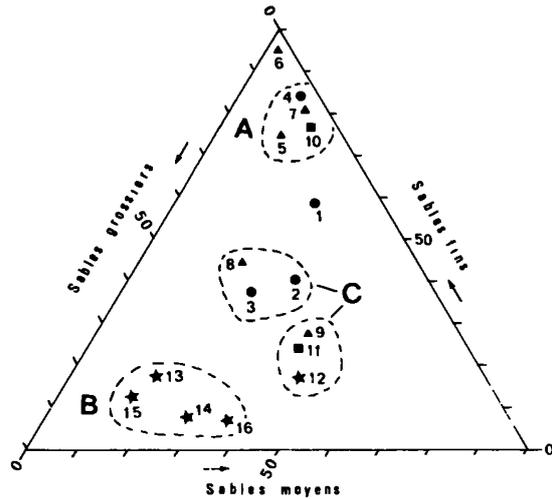
PLANCHE II CARACTERISTIQUES SEDIMENTOLOGIQUES DE LA FORMATION DES FONTAINES

Comparaison avec les formations alluviales du Néogène et du Pléistocène ancien de Digne

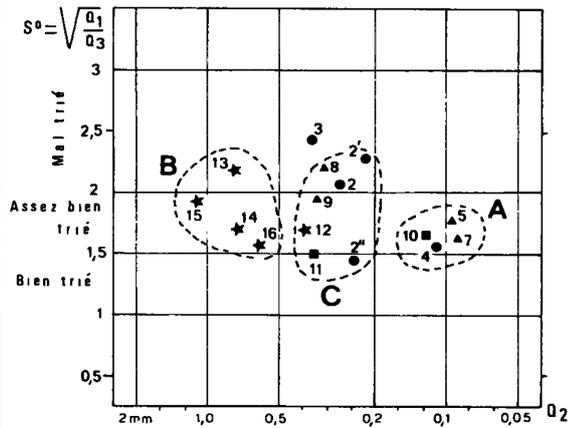
GRANULOMETRIE DES SABLES



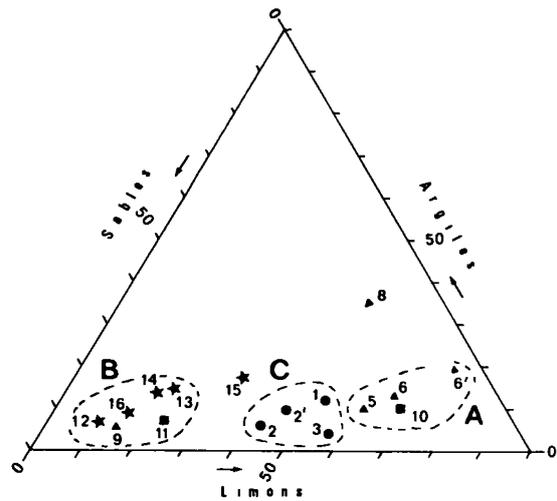
FRACTION SABLEUSE



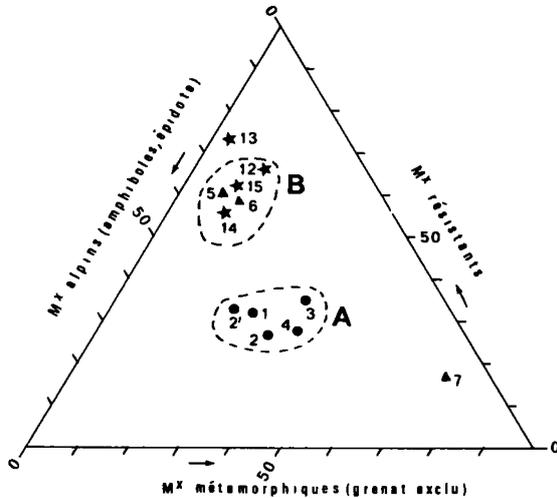
GRAPHIQUE  $S^0 f(Q_2)$



FRACTIONS < 2mm



MINERAUX LOURDS



ORIGINE ET LOCALISATION DES ECHANTILLONS

NEOGENE CONTINENTAL : 1. et 2. "Conglomérats de Valensole"

(Courbons, Les Eguesses); 3. et 4. Marnes sableuses

miocènes continentales (Les Hostelleries);

FORMATION DES FONTAINES : 5. et 6. Limons sableux à

feuilles; 7. et 8. Limons sableux "orientaux"; 9. Nappe

fluviatile caillouteuse (base ?);

FORMATION DE LA FONSE : 10. Base du dépôt; 11. Limons

sableux du sommet;

HAUTES NAPPES ALLUVIALES PLEISTOCENES (BLEONE) :

12. Lambeau alluvial 920 m (Nord des Fontaines);

13. Conglomérat du Col des Escuichières (+ 500 m);

14. Haute terrasse de Chauvet (+ 360 m); 15. Terrasse

supérieure de la Grande Colle (+ 360 m); 16. Terrasse du

Collet de Meunières (+ 200 m).

### 3. ESSAI D'INTERPRETATION

#### 3.1. Caractéristiques sédimentologiques et incertitude chronologique

Le matériel fluviatile caillouteux de la coupe des Fontaines présente une assez grande analogie de faciès avec les alluvions du Pléistocène ancien de la vallée de la Bléone en amont de Digne (composition pétrographique, morphométrie des galets à faible indice d'aplatissement...JORDA 1982). Une différence cependant : la présence aux Fontaines de galets calcaires ou marno-calcaires beaucoup plus émoussés, à patine ocre ou cortex d'altération qui paraissent remaniés des conglomérats néogènes de Valensole dont certains affleurements subsistent encore au-dessus et à l'Ouest du site (Sommet 1023 - Fig. 2; schéma structural).

La Planche II regroupe, à fin de comparaison, les principales caractéristiques sédimentologiques (niveaux fins et matrices) de l'ensemble alluvial des Fontaines, des formations néogènes continentales du piedmont subalpin du Cousson et enfin des alluvions du Pléistocène ancien de la Bléone à l'amont de Digne. Les échantillons analysés ont été prélevés dans des sédiments de faciès sensiblement identiques (lentilles ou horizons sablo-limoneux homogènes).

- Les courbes granulométriques des sables différencient assez bien les sédiments des Fontaines des alluvions quaternaires dont la granulométrie est beaucoup plus grossière et le classement médiocre (faciès à caractère torrentiel accusé), mais aussi des conglomérats de Valensole qui occupent une position intermédiaire. De texture sablo-limoneuse les sédiments à paléoflore des Fontaines présentent les caractéristiques de dépôts de décantation (courbes 5 et 6). Un même type de sédiments s'observe vers le sommet de l'accumulation alluviale isolée du Ravin de la Fonse située au Sud des Fontaines (Fig. 2, schéma structural) et qui constitue vraisemblablement un équivalent chronostratigraphique de tout ou partie de la Formation des Fontaines (courbe 10).

- Le diagramme triangulaire des sables et le graphique  $So f(Q_2)$  mettent en évidence trois groupes de sédiments que différencie le degré de tri et la grossièreté moyenne (médiane:  $Q_2$ ) : les *sédiments sablo-limoneux homogènes des Fontaines, de la Fonse et du Miocène supérieur (ensemble A)* regroupés autour du pôle fin et bien triés, les *alluvions quaternaires (ensemble B)* centrées sur le pôle grossier et moins bien classées et enfin un *ensemble C intermédiaire* dont le degré de tri est variable et qui réunit les dépôts fluviatiles caillouteux des Fontaines, de la Fonse et les conglomérats de Valensole sensu stricto.

Les conclusions sont différentes lorsqu'on envisage de manière globale la fraction fine des divers dépôts (diagramme triangulaire des fractions  $<2mm$ ). Les limons à paléoflore des Fontaines occupent résolument le pôle fin (ensemble A); les conglomérats des Fontaines et de la Fonse (échantillons 9 et 11) s'associent au même ensemble B que les alluvions caillouteuses quaternaires; les dépôts néogènes enfin occupent une position intermédiaire (ensemble C) liée à l'abondance des limons, y compris dans la matrice des conglomérats de Valensole (échantillons 1 et 2). Cette répartition vérifie assez bien les observations de terrain et notamment les analogies de faciès entre le conglomérat des Fontaines et les hautes nappes alluviales quaternaires (JORDA 1982).

- L'analyse minéralogique des sables (diagramme triangulaire des minéraux lourds) révèle un regroupement beaucoup plus simple selon deux types d'associations nettement distinctes : l'association des dépôts néogènes sensu stricto (ensemble A) particulièrement riche en minéraux du métamorphisme d'origine méridionale (staurotide); l'association des alluvions quaternaires et de la Formation des Fontaines (ensemble B) caractérisée par un fort pourcentage de minéraux résistants (tourmaline, Zircon, rutile) et une sous-représentation des minéraux du métamorphisme. Ce dernier fait souligne l'origine essentiellement subalpine et intra-montagnarde de l'ensemble alluvial des Fontaines.

Conclusions : Les analyses sédimentologiques ne fournissent pas d'arguments décisifs quant à l'appartenance de la Formation des Fontaines à "un épisode élevé... du complexe des conglomérats de Valensole" (GIGOT 1973) ou au Quaternaire ancien. Observons cependant que la pétrographie et le faciès du matériel caillouteux, la granulométrie globale de la fraction fine et plus encore la composition minéralogique témoignent d'une parenté évidente de la formation avec les nappes alluviales du Quaternaire ancien de la Bléone. Cette observation rejoint finalement les conclusions de l'étude paléofloristique et s'accorde assez bien avec l'image paléoclimatique et morphodynamique que l'on a, dans la région, de la transition plio-pléistocène ou du début des temps quaternaires (JORDA 1982, DUBAR 1983).

### 3.2. La signification tectogénique de la Formation des Fontaines.

La déformation enregistrée aux Fontaines met en évidence une "phase" de tectogénèse en compression soulignée par d'importants mouvements tangentiels.

3.2.1. Le chevauchement du Cousson qui recouvre à l'Ouest les conglomérats néogènes de Valensole était réalisé lors du dépôt de la Formation des Fontaines. Il est possible de reconstituer ce dispositif en annulant la déformation des bancs alluviaux inférieurs. Cette opération redresse le synclinal liasique de Caramantran qui apparaît déjà bordé à l'Est par le Rhétien et le Trias argilo-gypseux ravinés par les premiers dépôts alluviaux. On en conclut que la tectogénèse qui a affecté la Formation des Fontaines pendant et après son dépôt est postérieure à la mise en place principale de l'unité chevauchante de Digne dont l'âge pliocène - si ce n'est pliocène terminal (cf. CLAUZON et al. 1987) - est confirmé par l'évolution géodynamique et paléomorphologique de l'arc subalpin (GIGOT et al. 1974, JORDA 1982, COMBES 1984...).

3.2.2. Les traces de cette tectogénèse "tardive" ne se résument pas au seul exemple des Fontaines. Au Sud du site et dans le prolongement du même accident triasique (coulissement dextre en compression), la puissante accumulation torrentielle du Ravin de la Fonse est constituée, à la base, par un conglomérat fluviatile à galets tectonisés analogue à celui des Fontaines. Les bancs conglomératiques sont affectés d'un plongement vers le Nord-Est mais de puissants tabliers d'éboulis interdisent des observations plus précises.

Au Nord des Fontaines, deux lambeaux alluviaux étagés d'une soixantaine de mètres affleurent le long du chemin forestier des Bâties du Cousson (altitudes respectives 920m et 840m). Ils sont situés sur la bordure orientale du synclinal de Caramantran (Fig. 2,- schéma structural). Aucune coupe ne permet d'observer l'épaisseur et l'organisation géométrique d'ensemble de ces dépôts partiellement cimentés. Cependant les limites d'affleurements de certaines lentilles gréseuses indiquent localement un vigoureux plongement vers l'Est-Nord-Est. Cette déformation s'accorde avec la présence de nombreux galets tectonisés. Le lambeau alluvial inférieur (840m), le plus nettement déformé et attribué au Quaternaire ancien (JORDA 1982), repose sur le Rhétien et le Trias argilo-gypseux de l'accident des Fontaines. Il occupe ainsi une position identique à celle de la Formation des Fontaines ou du conglomérat inférieur de la Fonse. On en conclut que l'ensemble des déformations tardives observées dans le massif du Cousson est en relation avec l'activité tectonique tangentielle de cet accident subméridien qui s'est poursuivie au cours du Quaternaire bien après le dépôt du conglomérat des Fontaines.

### 3.3. La tectogénèse quaternaire au Nord de Digne.

A l'amont de Digne la vallée de la Bléone a conservé les vestiges étagés de cinq nappes alluviales quaternaires. Dans le massif de la Grande Colle, les trois nappes les plus anciennes (rapportées au Quaternaire inférieur et moyen) sont affectées d'importantes déformations tectoniques (flexuration et gauchissements synsédimentaires

à pendage Nord-Nord-Est - JORDA 1982). Ces nappes alluviales sont situées sur la bordure orientale d'une zone de coulissement dextre alignée sur les vallées méridiennes du Bès et de la Bléone de Tanaron à Digne (Fig. 1). Leur déformation résulte d'une tectonique en compression dont témoignent les cisaillements inverses affectant les alluvions et le substratum, l'existence de micro-décrochements ou la présence à tous les niveaux de galets tectonisés, striés et impressionnés.

La direction axiale de ces déformations est analogue à celle du conglomérat des Fontaines (N 120 et N 140). Elle met en évidence jusqu'au Quaternaire moyen une direction de serrage maximum à composante Nord-Nord-Est (azimut N 30 en moyenne) qui est en accord avec un coulissement dextre contemporain du décrochement Bès-Bléone (COMBES 1984; JORDA 1982). Ce type de contrainte est tout à fait compatible avec le style et l'ampleur des déformations observées dans le massif du Cousson, "l'accident triasique" des Fontaines apparaissant ainsi comme l'équivalent ou le prolongement méridional du grand décrochement Bès-Bléone;

### 3.4. Conclusions.

La Formation des Fontaines constitue un jalon très important dans l'évolution paléobotanique du domaine subalpin des Préalpes de Digne.

L'absence de taxons à affinités subtropicales semble indiquer que le dépôt a eu lieu pendant une phase tempérée à fraîche de la fin du Pliocène ou du début du Quaternaire (Eburonien ?). Cette conclusion est renforcée par les caractéristiques sédimentologiques et surtout minéralogiques de la formation qui évoquent celles des alluvions locales du Quaternaire ancien de la Bléone.

L'interprétation morphotectonique du gisement souligne l'ampleur de la tectonique "plio-quaternaire" et/ou quaternaire inférieur de la zone subalpine frontale. La déformation observée s'intègre à une "phase" de tectogénèse en compression dont elle constitue localement le terminus a quo et dont les effets sont discernables jusqu'à l'orée du Quaternaire supérieur (JORDA 1982). Cette tectogénèse a contribué à l'achèvement de l'édifice subalpin en créant des structures locales nouvelles ou en réactivant des structures tangentielles anciennes. Elle est sans doute en grande partie responsable du volume montagneux définitif mais elle n'a pas modifié les lignes majeures du canevas structural et l'extension du chevauchement de Digne acquises au cours du Pliocène avant le dépôt de la Formation des Fontaines.

### BIBLIOGRAPHIE

- ALMERA D.J. 1907 - Description de los terrenos pliocenicos de la cuenca del Bajo Llobregat y llano de Barcelona. III. Flora pliocenica de los Alrededores de Barcelona. Mem. Real Acad. Ciencias y Artes de Barcelona, vol. 3, p. 321-355, pl. 19-24.
- ANDREANSZKY G. 1959 - Die Flora der Sarmatischen Stufe in Ungarn. Akad. Kiado, Budapest, 360 p., 68 pl.
- BERGER W. 1955 - Die altpliozäne Flora des Laaerberges in Wien. Palaeontographica, Stuttgart, B, 97, p. 81-113, 7 pl.
- BRUGAL J.P., AMBERT P., BANDET Y., ROIRON P., SUC J.P. et VERNET J.L. (à paraître) - Un nouveau site plio-pléistocène dans le Midi de la France (Nogaret : Roque-redonde, Hérault). Son importance pour la reconstitution de l'histoire climatique des régions nord-ouest méditerranéennes.
- BUZEK C. 1971 - Tertiary flora from the northern part of the Petipsy area (North Bohemian Basin). Vidal Ustredni ustav geologicky, Praha, p. 5-118, 52 pl.
- CLAUZON G., AGUILAR J.P. et MICHAUX J. 1987 - Mise en évidence d'un diachronisme de 5 Ma au mur de la molasse miocène de Valensole (Alpes de Haute Provence, France). Révisions chronostratigraphiques et implications géodynamiques. C.R. Acad.Sc., Paris, t. 305, Série II, p. 133-137.

COMBES P.1984 - La tectonique récente de la Provence occidentale. Microtectonique, caractéristiques dynamiques et cinématiques. Thèse de 3e cycle, Strasbourg, 182p., 1 carte.

GIGOT P.1973 - Nouvelles observations sur la bordure Nord-Orientale du bassin de Digne-Valensole au front de l'arc de Digne (Alpes de Haute Provence). C.R. Ac. Sc. Paris, t. 276, p. 1123-1126.

GIGOT P., GRANDJACQUET C. et HACCARD D.1974 - Evolution tectono-sédimentaire de la bordure septentrionale du bassin tertiaire de Digne depuis l'Eocène. B.S.G.F., 5e série, t. 16, n° 2, p. 128-139.

GIVULESCU R. 1968 - Ein neuer Beitrag zur Kenntnis der fossilen Flora von Corus bei Cluj (Rumänien). Geologie, Berlin, 17, 5, p. 572-605, 9 pl.

GIVULESCU R., GHIURCA V. 1969 - Flora pliocene de la Chiuzbaia (Maramures). Inst. geol. Bucarest Mem. vol. 10, 81 p. 17 pl.

GIVULESCU R. 1980 - Le progrès de l'investigation paléobotanique du Tertiaire de la Roumanie. Rev. Palaeobot. Palynol., Amsterdam, 29, p. 35-48.

HEER O. 1856 - Flora tertiaria halvetiae. Winterthur, t. 2, 110 p., 50 pl.

ILDEFONSE J.P., SUC J.P. et VERNET J.L. 1976 - Une flore nouvelle, pollens et macrorestes, d'âge plio-pléistocène dans le sud des Grands Causses (Massif de l'Escandorgue, Lunas, Hérault). C.R. Ac. Sc. Paris, t. 282, p. 699-702.

JORDA M. 1982 - La tectonique plio-quaternaire des Préalpes de Digne et ses prolongements récents. L'enseignement des hautes nappes alluviales. In Colloque "Le Villafranchien méditerranéen", Lille, vol. 2, p. 425-439.

LAURENT L. 1904 - Flore pliocène des cinérites du Pas de la Mougudo et de Saint-Vincent la Sabie (Cantal). Ann. Mus.Hist. Nat. Marseille, 9, 313 p., 20 pl.

OHWI J. 1965 - Flora of Japan. Smithsonian Institution, Washington, 1067 p.

RANIECKA-BOBROWSKA J. 1962 - Tertiary flora from Osieczow on the Kwis River (Lower Silesia). Inst. Geol., Warszawa, t. 30, 3, p. 81-223, 29 pl.

ROIRON P. 1979 - Recherches sur les flores plio-quaternaires méditerranéennes; la macroflore pliocène de Pichegu près de Saint-Gilles (Gard). Thèse de 3e cycle, Montpellier, 221 p., 32 pl.

SAPORTA G. de, MARION A.F. 1876 - Recherches sur les végétaux fossiles de Meximieux. Arch. Mus. Hist. nat. Lyon, t. 1, p. 131-335, pl. 22-38.

SAPORTA G. de 1879 - Le monde des plantes avant l'apparition de l'homme. Masson, Paris, 416 p., 13 pl.

STUR D. 1867 - Beiträge zur Kenntniss der Flora, der Süßwasserquarze, der Congerien -und Cerithien- Schichten im Wiener und ungarischen Becken. Jahrb. K.K. Geol. Reichsanst. Wien, 17, 1, p. 77-188, 3 pl.

SUC J.P. 1978 - Analyse pollinique de dépôts plio-pléistocènes du Sud du massif basaltique de l'Escandorgue (site de Bernasso, Lunas, Hérault, France). Pollen et spores, Paris, 20, 4, p.497-512.

TRALAU H. 1963 - Asiatic dicotyledonous affinities in the cainozoic flora of Europe. Kungl. Svenska Vetensk.Handlingar, Stockholm, 9, 3, p. 7-87, 5 pl.

UNGER F. 1847 - Chloris protogaea. Beiträge zur Flora der Vorwelt. Leipzig, 150 p., 50 pl.

VERNET J.L. 1981 - Recherches sur les macroflores plio-pléistocènes du sud des Grands Causses : les Erables des diatomites de Bernasso (Lunas, Hérault). Paléobiologie continentale, Montpellier, vol. 12, n° 1, p. 43-51, 1 pl.

WALTHER H. 1972 - Studien über tertiäre Acer Mitteleuropas. Abh. Staatl. Mus. Mineral. Geol., Dresden, 19, 309 p., 64 pl.