



HAL
open science

**Les grès d'Annot au N.W. du massif de
l'Argentera-Mercantour (zone subalpine méridionale
des Alpes occidentales françaises)-
Sédimentologie-paléogéographie.**

Sylvie Jean

► **To cite this version:**

Sylvie Jean. Les grès d'Annot au N.W. du massif de l'Argentera-Mercantour (zone subalpine méridionale des Alpes occidentales françaises)- Sédimentologie-paléogéographie.. Minéralogie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1985. Français. NNT: . tel-00530042

HAL Id: tel-00530042

<https://theses.hal.science/tel-00530042>

Submitted on 27 Oct 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

T H E S E
DE
L'UNIVERSITE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE
DE GRENOBLE

- 6 MAI 1985

Mention GEOLOGIE APPLIQUEE

par

Sylvie JEAN

UNIVERSITE DE GRENOBLE 1
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
E 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL: (76) 87.46.43

LES GRES D'ANNOT

AU N.W. DU MASSIF DE L'ARGENTERA-MERCANTOUR

(zone subalpine méridionale des Alpes occidentales françaises)

SÉDIMENTOLOGIE - PALÉOGÉOGRAPHIE

Thèse soutenue le 26 Avril 1985 , devant la commission d'examen:

M. J. PERRIAUX	Professeur, Grenoble	Président
M. C. KERCKHOVE	Professeur, Grenoble] Rapporteurs
M. J.P. PUPIN	Maître de Conférence, Nice	
M. C. RAVENNE	Ingénieur de Recherche, I.F.P.	Examineurs
M. G. GHIBAUDO	Professeur, Turin	
M. S. BOGDANOFF	Maître Assistant, Orsay	

NWB 10105335

REMERCIEMENTS

Ce travail effectué dans le cadre d'un contrat D.G.R.S.T., est l'aboutissement de trois années de recherches menées au sein du laboratoire "Géologie structurale et sédimentaire" de l'Institut Dolomieu de Grenoble.

Parvenue au terme de cette étude, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. Mes remerciements s'adressent en particulier à Messieurs les membres du Jury qui ont accepté de juger ce travail.

- Monsieur J. PERRIAUX, Professeur à l'Institut Dolomieu, qui m'a confié un sujet passionnant et me fait l'honneur de présider ce Jury.

- Monsieur C. KERCKHOVE, Professeur à l'Institut Dolomieu, qui, par ses critiques toujours constructives et son expérience de terrain, m'a apporté une aide inestimable tout au long de la réalisation de ce travail. Je n'oublierai pas la gentillesse et la disponibilité dont il a toujours fait preuve à mon égard, malgré un emploi du temps plus que chargé.

- Monsieur J.P. PUPIN, Maître de conférence à l'Université de Nice, qui m'a toujours accueillie avec beaucoup de sympathie dans son laboratoire. En me faisant découvrir la méthode typologique et en m'aidant à l'appliquer aux Grès d'Annot, il a su orienter très adroitement mes recherches. Ses conseils lors de la rédaction m'ont également été précieux.

- Monsieur C. RAVENNE, ingénieur de recherche à l'I.F.P.; avec qui j'ai fait mes premiers pas sur les Grès d'Annot. L'aide tant scientifique que technique et la documentation qu'il m'a apporté ont été déterminantes. Je n'oublierai pas en outre, l'ambiance sympathique qu'il sait créer sur le terrain.

- Monsieur G. GHIBAUDO, Professeur à l'Université de Turin et spécialiste des turbidites grâce à qui je garde le souvenir d'un été de terrain plus animé que prévu, ponctué de discussions scientifiques passionnantes.

- Monsieur S. BOGDANOFF, Maître-Assistant à Orsay, qui a bien voulu s'intéresser à mes recherches et dont les conseils et les critiques bienveillantes m'ont permis de préciser quelques points importants de mon travail.

Je remercie également Monsieur P. RICHE de m'avoir accompagnée à plusieurs reprises sur le terrain, dans le cadre des stages E.N.S.P.M. sur les Flyschs Nummulitiques dont il est le responsable.

Je n'oublie pas Monsieur J.V. GIRAUD, Assistant à l'Université de Nice, qui m'a très amicalement aidée à réaliser l'étude pétrographique des conglomérats.

Monsieur R. MALARODA, Professeur à l'Université de Turin, a accepté d'examiner certains de mes échantillons de grès. Je l'en remercie vivement.

Je remercie Monsieur J.P. USELLE, Maître de conférence à l'Institut Dolomieu qui a toujours su me conseiller de manière judicieuse.

Ma gratitude va également à Monsieur BLONDEAU (Paris VI), Monsieur MASSE (Marseille), Madame ARNAUD-VANNEAU et Monsieur ARNAUD (Grenoble), Madame MULLER (I.F.P.) qui ont effectué les déterminations de la microfaune et m'ont aidée à en tirer le meilleur parti.

Je tiens à remercier tous ceux qui, à l'Institut Dolomieu, m'ont aidée sur le plan technique J. GIRAULT, G. VIVIER, F. KELLER, E. DUMPIER, J.P. KEVOL et A. MERLIN qui a très consciencieusement, assuré la frappe de ce mémoire.

Je n'oublierai pas les mémorables journées passées sur le terrain avec mes amis de l'Université de Turin : U. VALLINO, P. VENDRAME et de l'E.N.S.P.M. R. VIALLY et ses camarades.

J'ai également été très sensible à la gentillesse des habitants des Hautes-Vallées du Verdon et du Var, en particulier Monsieur HONNORAT et sa famille et les gardiens du refuge de Bayasse.

Et bien sûr, si ces trois années de recherches se sont effectuées dans une ambiance si agréable, c'est aussi grâce à la bonne humeur de mes camarades de l'Institut Dolomieu. Je les en remercie.

Enfin, je dédie cette thèse à Dominique (qui a contribué au rapatriement sur Grenoble d'un volume considérable de Grès d'Annot) et à mes parents auprès de qui j'ai toujours trouvé le soutien nécessaire pour parvenir au terme de ce travail.

RESUME

Ce mémoire présente une étude sédimentologique de la formation Grès d'Annot sur le pourtour NW du massif de l'Argentera-Mercantour. Les Grès d'Annot sont des accumulations turbiditiques d'âge paléogène formant le toit de la série sédimentaire aux confins orientaux de la zone subalpine méridionale.

1ère PARTIE

LES SERIES GRES D'ANNOT DU NW DE L'ARGENTERA DANS LEUR CADRE STRATIGRAPHIQUE ET TECTONIQUE REGIONAL

- On distingue deux types de séries Grès d'Annot de part et d'autre de la faille de Bousiéyas-Camps des Fourches:

* à l'Ouest : la série ouest-Argentera;

* à l'Est : la série nord-Argentera.

Cette dualité concerne aussi le Crétacé supérieur et le Nummulitique carbonaté sous-jacents aux Grès d'Annot.

LA SERIE OUEST-ARGENTERA (à l'Ouest de la faille de Bousiéyas, massifs de Sanguinière et de Restefond).

- Les coupes (détaillées ou synthétiques) effectuées dans la série nummulitique ne sont corrélables que grâce à deux niveaux repères de poudingues dans les Grès d'Annot. Ces corrélations et tout un ensemble de structures sédimentaires observables sur le terrain permettent de reconstituer l'organisation et l'évolution de ce secteur du bassin des Grès d'Annot s.l.

- L'analyse des variations d'épaisseur des Calcschistes à Globigérines et de leurs relations avec les grès (contact en onlap) révèle la structuration, lors d'une phase de tectonique synsédimentaire contemporaine du dépôt des calcschistes, d'une dépression étroite d'axe SSE-NNW dont la bordure nord correspond à une zone haute depuis le Crétacé supérieur (anticlinal des Terres-Plaines). Ce bassin communiquait probablement au NW avec celui des Grès d'Annot de la chaîne des Trois-Evéchés.

- L'étude systématique des directions de courant dans les grès montre que la dépression canalise au moins le premier tiers des écoulements turbiditiques (apports du SE vers le NW) et que son influence directionnelle devient moins forte par la suite. Les déformations semblent se poursuivre au début de la sédimentation gréseuse.

- L'étude des faciès turbiditiques et de l'agencement séquentiel de la série gréseuse traduit la complexité d'organisation interne de ce corps sédimentaire. On y reconnaît toutefois les dépôts de la zone d'accumulation des sables d'un cône sous-marin profond à basse efficacité de transport qui se présente comme une superposition sur 1000 mètres d'épaisseur environ, de grandes lentilles plates formées de turbidites grossières, séparées par des niveaux à turbidites fines. L'édification de l'appareil détritique est contrôlé par la nature grossière des sédiments et la physiographie du bassin-récepteur.

- Les relations Grès d'Annot - Schistes à blocs sont également complexes (contact ravinant des argiles à blocs sur les 500 derniers mètres de la série gréseuse, slumps dans les derniers bancs de grès...). Déjà observées par INGLIS et al. (1981) dans la chaîne des Trois-Evéchés, ces structures résultent de glissements et d'arrachements sous-marins dans les parties supérieures des accumulations turbiditiques du fait de l'apparition d'une pente vers le SW liée au soulèvement des Alpes internes. Les coulées boueuses à blocs viennent ensuite draper cette paléotopographie accidentée.

LA SERIE NORD-ARGENTERA (à l'Est de la faille de Bousiéyas, région du Lauzanier)

- Cette série ne présente pas de variation latérale majeure et pourrait conserver le même faciès jusqu'à Demonte, à l'Est, en territoire italien.

- Une seule coupe a été levée, en rive droite du lac du Lauzanier. La série repose à plat sur les calcschistes (pas d'onlap visible). Elle atteint 650 mètres d'épaisseur et a été alimentée depuis le SE.

- Son organisation en deux ensembles distincts traduit la progradation d'un cône profond à basse efficacité de transport dont on observe les dépôts du suprafan externe à lobes (ensemble inférieur riche en turbidites fines) et du suprafan interne chenalisé (ensemble supérieur à turbidites grossières).

- Les relations Grès d'Annot - Schistes à blocs traduisent le même changement paléogéographique qu'à l'Ouest de l'Argentera.

2ème PARTIE

PETROGRAPHIE ET SEDIMENTOLOGIE DU MATERIEL GRESEUX ET CONGLOMERATIQUE
DE LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

- L'étude pétrographique des grès grossiers et la morphométrie des galets des poudingues suggèrent un transport fluviatile court de l'ensemble du matériel avant sa reprise par "mass-flow". Il apparaît en outre que les Grès d'Annot ouest et nord-Argentera sont des formations détritiques issues du démantèlement d'un socle de roches endogènes et non d'une formation détritique plus ancienne.

- La pétrographie des roches sédimentaires en galets dans les poudingues (15% des galets) révèle les affinités sud-orientales de ce matériel qui comporte en particulier:

- des calcaires nummulitiques d'âge (Eocène moyen) et de faciès (biarritzien) très comparables à ceux qui affleurent actuellement dans les Alpes-Maritimes italiennes.

- des calcaires de plate-forme du Crétacé inférieur différents des faciès urgoniens provençaux par leur couleur sombre mais qui pourraient provenir des prolongements vers l'Est de la plate-forme provençale.

- La pétrographie (minéralogie, géochimie) des roches endogènes en galets dans les poudingues (70% des galets) permet de dresser une liste non-exhaustive de très nombreux faciès de gneiss, de granites, de microgranites et de rhyolites. La comparaison avec les roches régionales amène à éliminer comme zone d'apport: les Bésimaudites ligures, les massifs provençaux, les roches du second cycle corse et une partie du massif de l'Argentera. Les ressemblances avec certaines roches régionales sont peu significatives et sont remises en question par la typologie des zircons.

- La typologie des zircons, appliquée généralement en pétrologie s'avère une excellente méthode de sédimentologie. Les zircons sont de très bons marqueurs des sources du matériel détritique en particulier dans un contexte régional bien caractérisé au point de vue typologique comme c'est le cas de la Provence et des Alpes-Maritimes.

Les roches magmatiques en galets (granites, rhyolites) n'ont plus d'équivalent à l'affleurement. Les granites présentent quelques affinités typologiques (et pétrographiques) avec les faciès centraux du granite de l'Argentera mais il est improbable qu'ils proviennent de ce batholite dont seuls les faciès de bordure sont bien décapés actuellement.

Les grès comportent - 2/3 à 1/3 de matériel d'origine métamorphique probablement issu d'un socle gneissique;

- 1/3 à 2/3 de matériel d'origine magmatique de la lignée calco-alcaline, moyennement évolué typologiquement. Ce matériel est comparable aux roches hercyniennes "corso-sardes" à l'affleurement en Corse et en galets dans les conglomérats de Saint-Antonin (équivalent méridional des Grès d'Annot) et aux rhyolites en galets dans le Tertiaire des unités subbriançonnaises du Lac d'Allos et du Pelat.

CONCLUSION

Les séries grès d'Annot ouest et nord-Argentera se sont déposées dans deux cônes sous-marins profonds présentant chacun des caractères particuliers.

Les deux appareils ont été alimentés depuis le SE par un socle gneissique à intrusions granitiques et formations volcaniques acides hercyniennes, avant leur basculement vers le SW, lié au soulèvement des Alpes internes et précédant l'arrivée des coulées boueuses à blocs.

Le continent d'apport pourrait correspondre aux prolongements orientaux du massif corso-sarde ou à la partie méridionale du domaine des "cordillères" nummulitiques.

Les affinités sud-orientales du matériel sont un nouvel argument en faveur de la parautochtonie des séries Grès d'Annot qui forment le soubassement des nappes de l'Ubaye.

Ces données nouvelles amènent à reconsidérer la paléogéographie de l'ensemble du bassin des Grès d'Annot et des confins sud-orientaux du domaine externe au Nummulitique.

MOTS CLES

Turbidites, cône sous-marin profond, déformations synsédimentaires, typologie des zircons, sédimentologie, paléogéographie, Grès d'Annot, Nummulitique, zone subalpine méridionale, Alpes franco-italiennes.

ABSTRACT

The term of "Grès d'Annot" refers to a thick turbidite formation of Paleogene age forming the top of the sedimentary series in the Southeastern part of the subalpine zone (French Maritime Alps). This contribution is more particularly concerned with the Grès d'Annot outcropping in the sector NW of the Argentera-Mercantour massif.

The sedimentological study of the Grès d'Annot of NW Argentera in their stratigraphic and tectonic regional setting allows recognition of two areas of sedimentation separated by the Camps des Fourches major fault.

They are: - to the West: the West-Argentera series
- to the East: the North-Argentera series

The Upper Cretaceous and the calcareous Nummulitic are also involved in this duality.

THE WEST ARGENTERA GRES D'ANNOT

As suggested by the variable thicknesses of the Calcschistes à Globigérines (underlying the Grès d'Annot) and by the correlation between sections in the Nummulitic series, the Grès d'Annot form the infilling of a narrow SSE-NNW-trending depression which came into being mostly during the calcschistes deposition (syn-sedimentary tectonics), but whose northern margin has been a "high" since Upper Cretaceous.

Paleocurrent directions in the sandstones show that sandy turbidites progressively fill-up (flow from the SE), then overflow (flow from the E) the basin, which may communicate to the West with the Trois - Evéchés depression.

In spite of the complexity of this sedimentary body internal organization (in terms of turbidite facies associations and of vertical sequence organization), the West-Argentera Grés d'Annot seem to have been deposited in the "sand accumulation area" of a poorly-efficient depositional deep-sea fan, the build-up of which is governed both by the basin configuration and by the coarse granulometry of the detrital material.

THE NORTH-ARGENTERA GRES D'ANNOT

The turbidite series lies flat upon the Calcschistes à Globigérines and does not show any major lateral variation, either in thickness (about 650m) or in organization, from the Camps des Fourches at least as far as the French-Italian boundary, perhaps even further Eastward as far as Demonte in Italy.

Its consists of a thin-bedded turbidite rich lower unit, with paleocurrent flow from the SE and of an upper unit mostly composed of amalgamated thick-bedded, coarse-grained sandstones.

The fan system here recognized differs considerably from the West-Argentera fan, partly confined within a submarine depression. It provides a good example of a poorly-efficient depositional fan, built up by progradation on a glaciais. The lower unit is interpreted as the outer-fan lobe deposits, the upper unit, as the inner-fan channelized sediments.

On both North and West Argentera areas, relations between the Grès d'Annot on the overlying Schistes à blocs (erosion contact, slumps in the upper sandstone strata..) look very complex and are regarded as subaqueous wrench-scars and slides on a Westward-looking downslope induced by the internal Alps uplift.

The petrography and the sedimentology of the West-Argentera clasts furnish much data for reconstituting the paleosource area.

- Petrographic analysis of the coarse-grained sandstone and morphometry of the pebbles present in conglomeratic levels, show that the West-Argentera Grès d'Annot primarily derive from a basement made of endogenous rocks, not from older reworked formations. They also suggest little river transportation before a latter mass-flow.

- Some pebbles of sedimentary rocks display Southeastern affinities. Viz.

. Calcaires Nummulitiques similar both in age (Middle Eocene) and facies (biarritzien) to those outcropping in the Italian Maritime Alps;

. The Lower Cretaceous platform carbonates differ from the Provence Urgonian facies in their dark color. Their origin may be sought in the Eastern extension of the Provençal platform.

- Endogenous rocks (granite, rhyolite, gneiss...) make up 70% of the pebbles. If compared with other regionally-outcropping rocks the following can be eliminated as possible sources for the detrital material: the Ligurian "Besimaudites", the Maures Esterel massif, the alkaline Corsican magmatic rocks (second magmatic cycle), and the Southern part of the Argentera-massif.

- Typologic study of zircons populations, as applied in sedimentology, to ascertain the origin of sandstones and of the pebbles of magmatic rocks in one more seen to be of much value, especially in a "typologically" well-known context such as Provence and Maritime Alps.

. The magmatic rocks (granite, rhyolite) occurring as pebbles do not now seem to outcrop. Although certain granite resemble the central facies of the Argentera-batholith (typology, petrography), the latter was but little eroded up to the present time.

. According to the bimodal distribution of the zircon populations in the sandstones s.s. (2/3 to 1/3 of "migmatitic zircons"- 1/3 to 2/3 of "magmatic zircons") two major sources for the sandstones can be envisioned:

. metamorphic rocks (probably a gneissic basement)

. magmatic rocks of the calc-alkaline series with average IA, IT values, such rocks being (1) typologically similar to the Corso-Sardinian Hercynian rocks (granite, rhyolite) outcropping in Corsica (first cycle), and reworked in the St-Antonin conglomerates (Southern equivalent of the Grès d'Annot) and (2) also comparable with the rhyolite pebbles in the Tertiary of the Allos-Pelat subbriançonnais units.

CONCLUSION

The West and North Argentera Grès d'Annot have been deposited in two different deep-sea fan systems fed from the SE by a gneissic basement with much-eroded Hercynian granitic intrusions and associated volcanic formations.

The paleosource area may lie in the Eastern extension of the Corso-Sardinian highland (or in the Southern part of "the Cordillères Nummulitiques" realm).

The Southeastern affinities of the reworked material bring new evidence for a more Eastern original location of the Grès d'Annot underlying the Nappes de l'Ubaye.

According to the new data, the Nummulitic paleogeography of both the whole of the Grès d'Annot basin and of the Southeastern part of the external alpin domain must be in part revised.

SOMMAIRE
(PLAN DETAILLE PAGE 239)

	Page
<u>INTRODUCTION GENERALE</u>	7
<u>PREMIERE PARTIE</u>	
LES SERIES A TURBIDITES GRES D'ANNOT OUEST ET NORD-ARGENTERA DANS LEUR CADRE STRATIGRAPHIQUE ET TECTONIQUE REGIONAL.....	27
INTRODUCTION.....	27
SERIE OUEST-ARGENTERA.....	37
CHAPITRE 1 - COUPES DANS LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA.....	37
CHAPITRE 2 - STRUCTURATION ET PHYSIOGRAPHIE DU BASSIN DES GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA.....	61
CHAPITRE 3 - ANALYSE DE LA SERIE A TURBIDITES GRES D'ANNOT DES MASSIFS DE SANGUI-NIERE ET RESTEFOND. ESSAI DE CARACTERISATION DU CONE SOUS-MARIN PROFOND OUEST-ARGENTERA.....	77
CHAPITRE 4 - RELATIONS GRES D'ANNOT-SCHISTES A BLOCS A L'OUEST DE L'ARGENTERA.....	95
SERIE NORD-ARGENTERA.....	105
CHAPITRE 5 - LA SERIE GRES D'ANNOT NORD-ARGENTERA (COUPE DU LAC DU LAUZANIER).....	105
CONCLUSION.....	115
<u>DEUXIEME PARTIE</u>	
ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE ET PETROGRAPHIQUE DU MATERIEL GRESEUX ET CONGLOMERATIQUE DE LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA.....	121
INTRODUCTION.....	121
CHAPITRE 1 - SEDIMENTOLOGIE ET PETROGRAPHIE DU MATERIEL GRESEUX.....	123
CHAPITRE 2 - SEDIMENTOLOGIE DES POUDINGUES.....	137
CHAPITRE 3 - PETROGRAPHIE DES ROCHES SEDIMENTAIRES EN GALETS DANS LES POUDINGUES.....	149
CHAPITRE 4 - PETROGRAPHIE DES ROCHES ENDOGENES EN GALETS DANS LES POUDINGUES.....	163
CHAPITRE 5 - TYPOLOGIE DES ZIRCONS APPLIQUEE AUX ROCHES MAGMATIQUES DES POUDINGUES ET AU MATERIEL GRESEUX.....	183
CONCLUSION.....	201
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	205
BIBLIOGRAPHIE.....	215
ANNEXES.....	223
LISTE DES FIGURES.....	235

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION

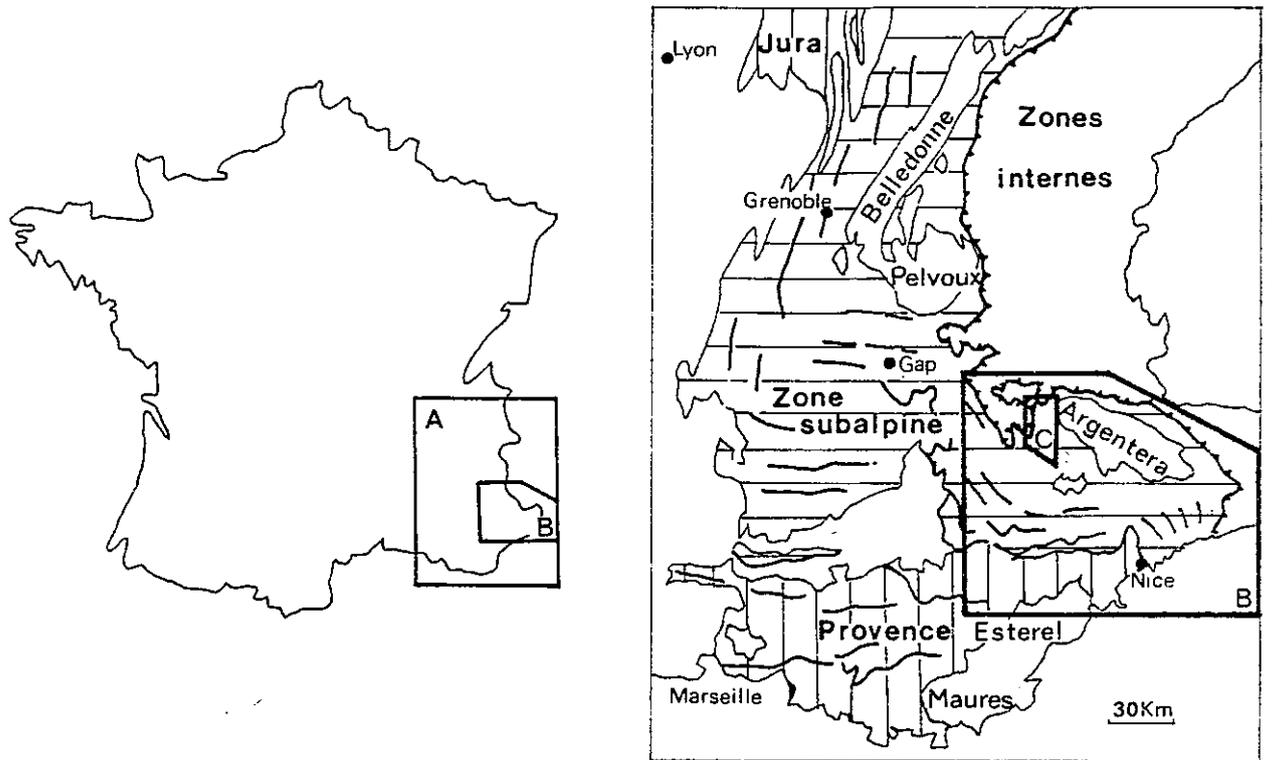
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tel. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

18 AOÛT 2003

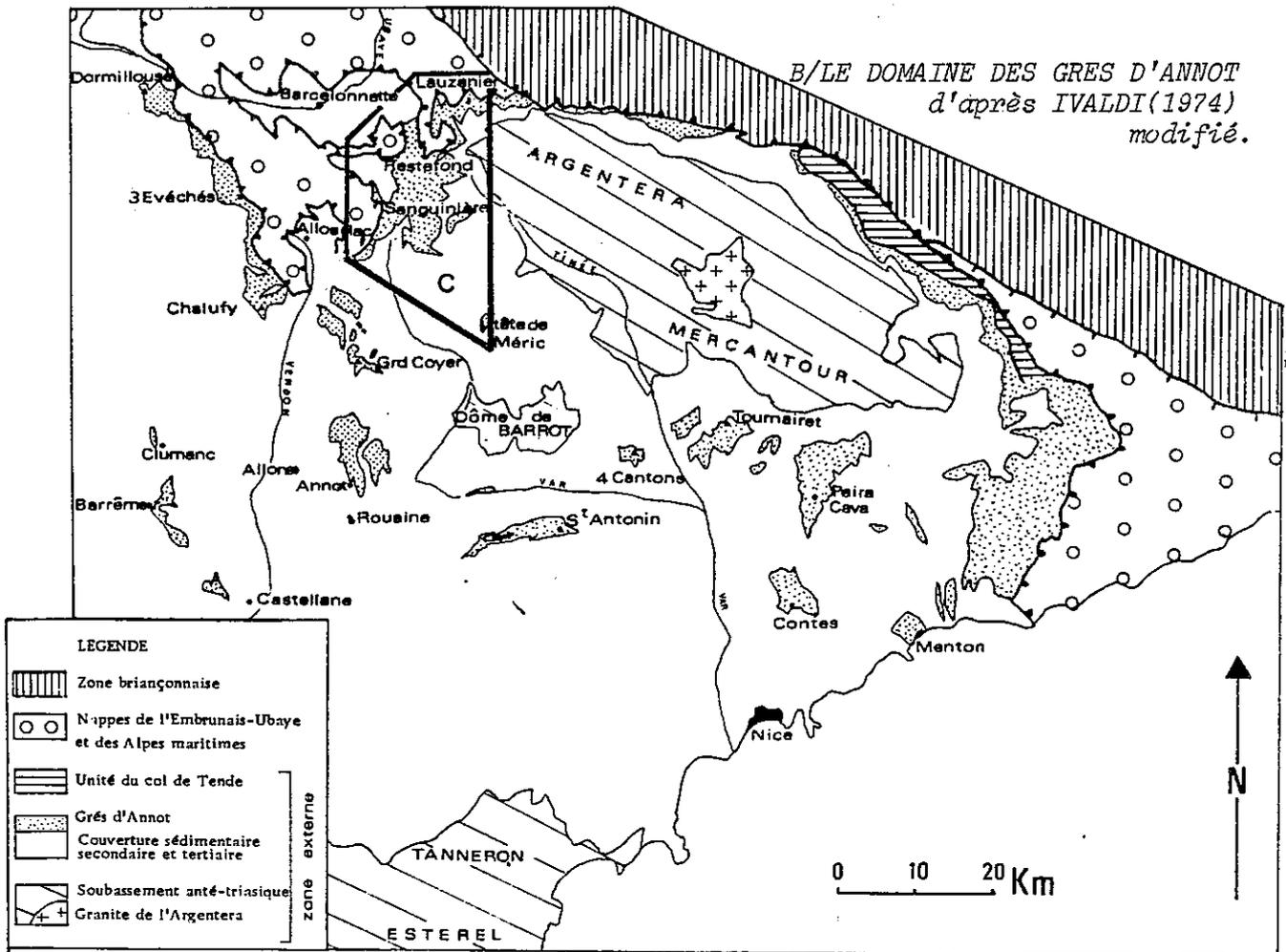
18 AOÛT 2003

INTRODUCTION GÉNÉRALE

- I - DÉFINITION DU SUJET
- II - CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL
- III - ÉVOLUTION DES CONNAISSANCES SUR LES GRÈS D'ANNOT
- IV - PROBLÈMES RELATIFS À LA ZONE NORD DU DOMAINE DES
GRÈS D'ANNOT ET AU TERRAIN ÉTUDIÉ
- V - BUT DE L'ÉTUDE



A/LES ALPES OCCIDENTALES d'après DEBELMAS et KERCKHOVE(1982),modifié.



B/LE DOMAINE DES GRÈS D'ANNOT d'après IVALDI(1974) modifié.

Fig.1:localisation géographique du terrain étudié(C),dans le cadre géologique des Alpes occidentales(A) et dans le domaine des Grès d'Annot(B).

I - DÉFINITION DU SUJET

Ce mémoire présente une étude sédimentologique de la formation "Grès d'Annot" sur le pourtour N W du massif cristallin de l'Argentera-Mercantour. Les Grès d'Annot sont des accumulations turbiditiques d'âge paléogène formant le toit de la série sédimentaire aux confins orientaux de la zone subalpine méridionale (fig. 1).

II - CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

A - LES PRINCIPAUX ENSEMBLES STRUCTURAUX (fig. 1)

- Le socle cristallin et son tégument

Dans le massif de l'Argentera-Mercantour, le socle est essentiellement représenté par des roches cristallogéniques (gneiss, migmatites, ...). Le granite central, encore peu découpé, n'affleure que sur environ 60 km².

Le Permo-trias, détritique, constitue un tégument adhérent au socle. Il affleure en auréole autour du massif et dans le dôme de Barrot.

- La couverture "décollée"

Les cargneules du Muschelkalk représentent le niveau de décollement majeur dans l'épaisse série sédimentaire à dominante calcaire et marneuse qui s'étend du Trias à l'Eocène supérieur et s'achève avec les Grès d'Annot.

Elle montre l'empreinte de deux directions principales de plissement: E W (phase pyrénéo-provençale) et N.NW-S.SE (plissements alpins).

Tout cet ensemble repose en contact anormal à l'Ouest (nappe de Digne) et au Sud (chevauchements des arcs de Nice et Castellane) sur les séries provençales, couverture des massifs des Maures-Tanneron-Esterel.

A l'Est du Mercantour, l'unité chevauchante du col de Tende occupe une position particulière au front des zones internes. Elle s'enracine au SE dans la série nummulitique autochtone, d'où son caractère parautochtone.

- Les nappes des zones internes

Formées essentiellement par le flysch à Helminthoïdes, elles viennent chevaucher la zone subalpine à sa marge orientale.

- nappes de l'Embrunais-Ubaye au Nord,
- nappes des Alpes-Maritimes au SE.

B - APERCU DE L'ÉVOLUTION PALEOGÉOGRAPHIQUE RÉGIONALE

1) Permien et Trias (fig. 2)

L'activité volcanique permienne est importante dans le Briançonnais ligure ("Bésimaudites"), dans l'Esterel et en Corse, où on distingue un

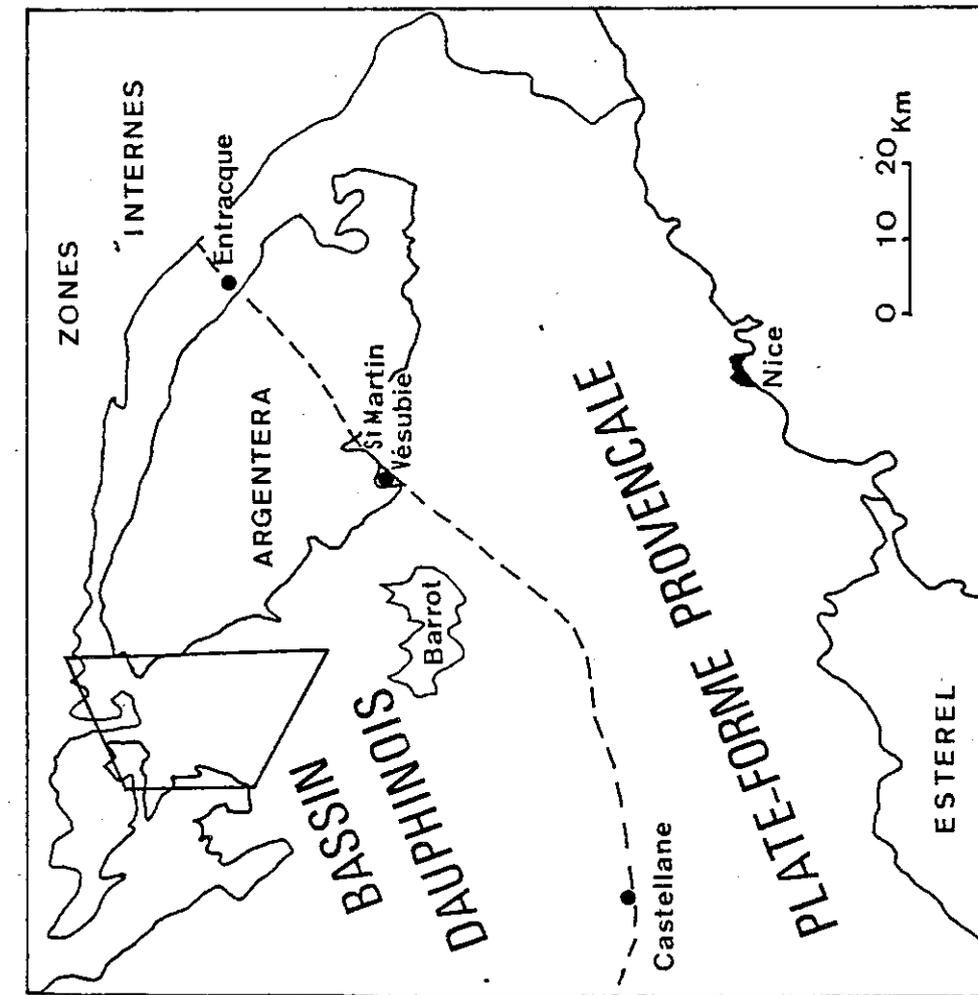


Fig. 3: répartition actuelle des faciès du Jurassique provençal et dauphinois dans les Alpes-Maritimes. D'après les cartes géologiques GAP et NICE au 250.000e.

Limites du terrain étudié.

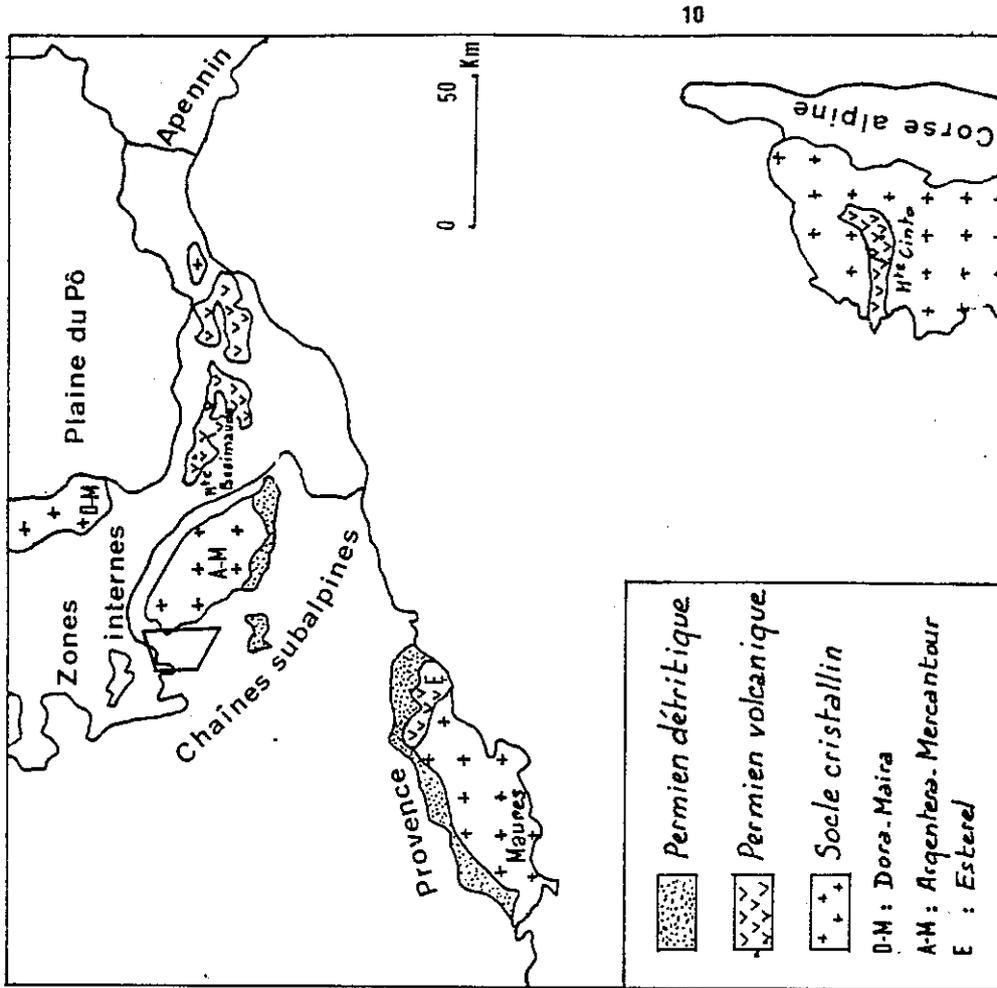


Fig. 2: Les affleurements de Permien dans les Alpes-Maritimes, en Provence et en Corse. D'après BODELLE (1971), modifié.

un premier cycle lié à l'orogénèse hercynienne et un deuxième cycle anorogénique (VELLUTINI, 1977).

Quelques indices de volcanisme acide existent au revers italien de l'Argentera : rhyolites sodiques (MALARODA, 1960) et dans le SE du Mercantour : rares coulées de dacites, cailloutis de rhyolites et de dacites dans les conglomérats de l'Inferno (FAURE-MURET, 1955).

En fait, le Permien est essentiellement détritique continental sur le pourtour sud de l'Argentera et dans le dôme de Barrot. Il ne s'est pas déposé plus au Nord où le Trias, également détritique, repose directement sur le socle.

2) Le dispositif mésozoïque (fig. 3)

Probablement amorcée dès le Trias (DARDEAU, 1983), une paléogéographie à polarité NS s'installe et reste sensiblement la même pendant tout le Jurassique :

- au Sud, un domaine de plate-forme, peu profond, à sédimentation carbonatée : la plate-forme provençale ;

- au Nord, un domaine de bassin, plus profond, aux dépôts plus argileux : le bassin dauphinois, avec cependant des épaisseurs de dépôt modestes par rapport au bassin vocontien franc (région de Gap) ;

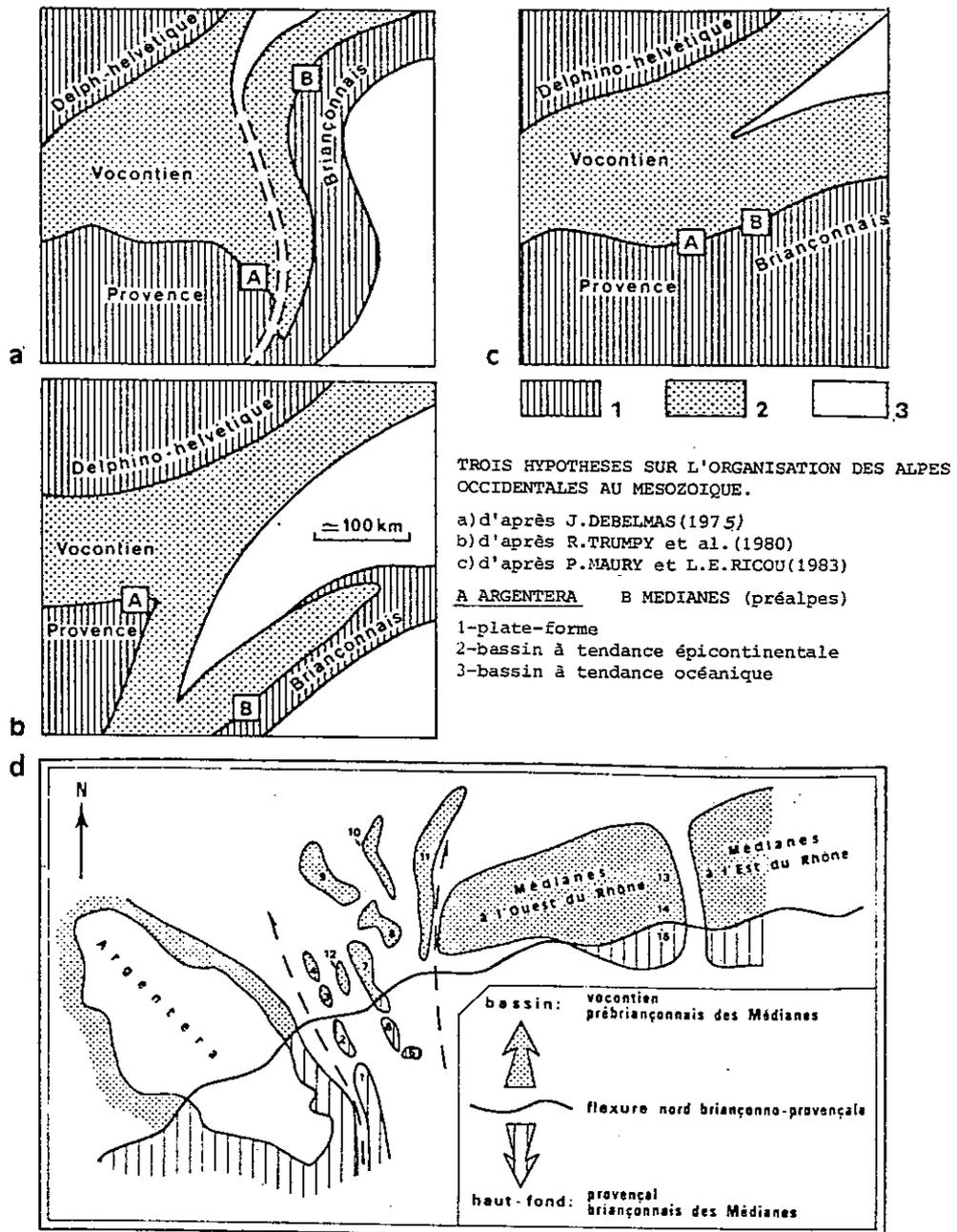
- vers l'Est, la paléogéographie est difficile à préciser. On retrouve des faciès de plate-forme et de bassin dans certaines unités d'origine plus interne : unité parautochtone du col de Tende, unités briançonnaises des Séolanes, du Morgon, ... Leurs relations avec le dispositif "externe" ont fait l'objet de diverses hypothèses (fig. 4).

Le Crétacé inférieur offre un schéma d'organisation semblable à celui du Jurassique : faciès marno-calcaires à Ammonites au Nord, faciès néritiques calcaires peu épais et fréquemment glauconieux au Sud.

Au Crétacé supérieur, la sédimentation tend à s'uniformiser (calcaires pélagiques) et à enlever le dispositif précédent. Mais, au revers nord de l'Argentera, des calcaires de plate-forme (calcaires à Rudistes), légèrement discordants, montrent par place des graviers de roches endogènes : granites, gneiss, rhyolites. Dans la région de la Ciotat, se dépose une épaisse formation de poudingues à éléments de socle.

L'organisation paléogéographique du Mésozoïque provençal indique l'existence de plusieurs zones émergées, dispensatrices de matériel détritique.

- Au Sud : le massif corso-sarde, ce socle était alors commun à la Provence, à la Corse et à la Sardaigne avant l'ouverture de la mer d'Alboran au Paléogène (fig. 5).



C: hypothèse de MAURY et RICOU détaillée: position relative proposée pour les différents secteurs au Mésozoïque. Les flèches indiquent la place du futur décrochement subbriançonnais qui entrainera les Médianes vers le Nord.
 1-unité de Tende; 2-Salé; 3-Piconiera; 4-Giordano; 5-Lan; 6-Séolanes; 7-Cap. Morçon; 8-Vallouise l'Argentière; 9-Piolit Petit Galibier; 10-Lauzet Roche Olvera; 11-Perron des Encombres Moenda; 12-Pelat; 13-Memise; 14-Borée-Neuva; 15-Dent d'Oche.

Fig. 4: hypothèses sur le prolongement du dispositif mésozoïque plate-forme/bassin du domaine externe vers l'Est. Schémas empruntés à MAURY et RICOU (1983).

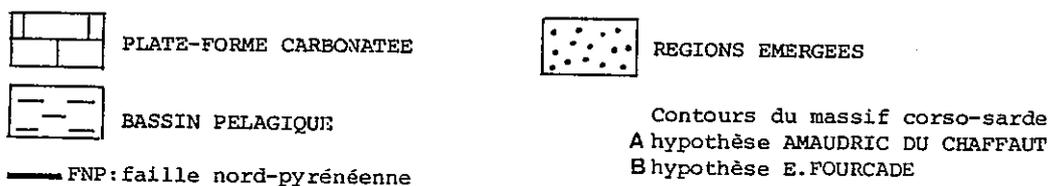
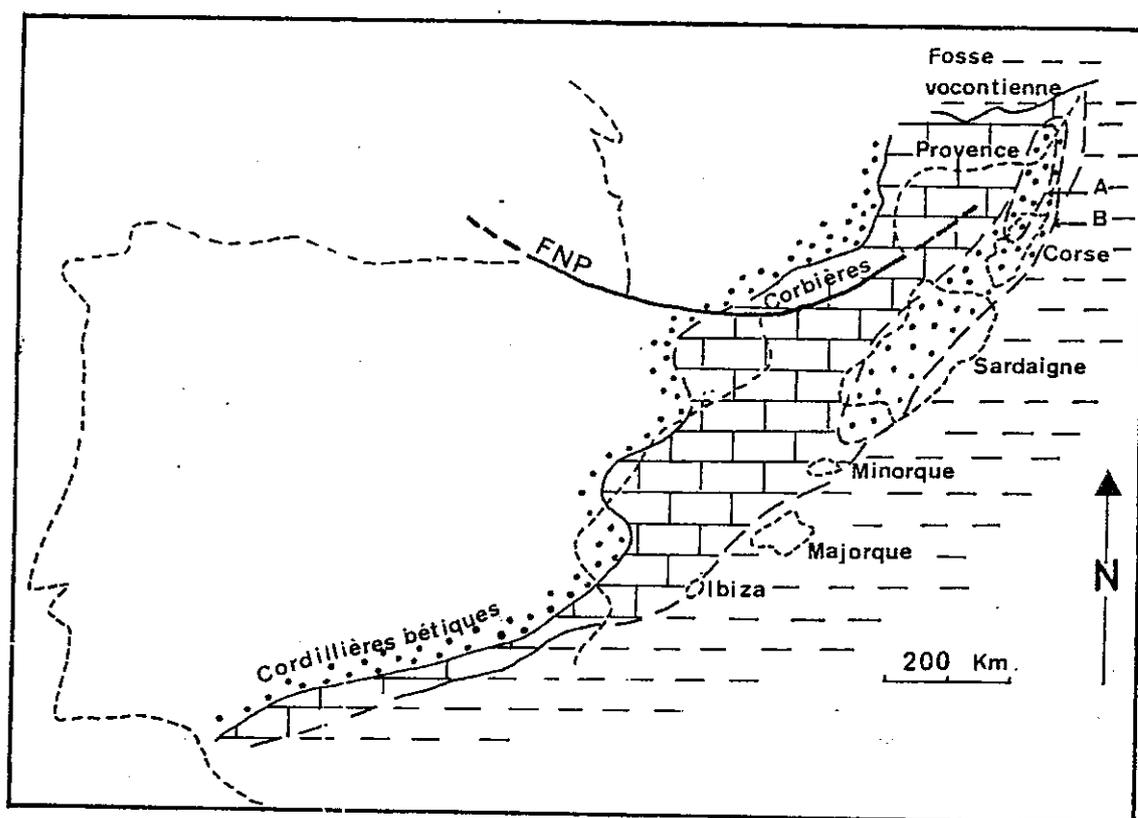


Fig.5: reconstitution schématique de la Méditerranée nord-occidentale au Crétacé inférieur. D'après les travaux de E.FOURCADE et al. (1977) et de S.AMAUDRIC DU CHAFFAUT (1980).

- à l'Est, il pourrait s'agir de l'Argentera "primitif" (MALADORA, 1963, 1957) ou d'une "cordillère à Permien volcanique" en position plus interne (STURANI et LANTEAUME, 1964).

3) La transgression éocène et les flyschs nummulitiques (fig. 6)

A la fin du Sénonien, une importante régression intéresse l'ensemble du domaine externe. Le substratum est alors tectonisé et érodé plus ou moins intensément selon les régions (érosion jusqu'au socle dans le Pelvoux, phase modérée au Sud de la Durance).

Une série de "cordillères" se serait alignée alors à la frontière des domaines externe et pennique. Elles sont individualisées dès le Crétacé supérieur comme celle de la Stura ou plus récemment, au Paléogène : cordillère tendasque (cailloutis à rhyolites à la base du Nummulitique de l'unité parautochtone du col de Tende), cordillère d'Allos-Pelat (conglomérats à galets de rhyolites dans le Tertiaire des unités subbriançonnaises du lac d'Allos et du Pelat, nappes de l'Ubaye).

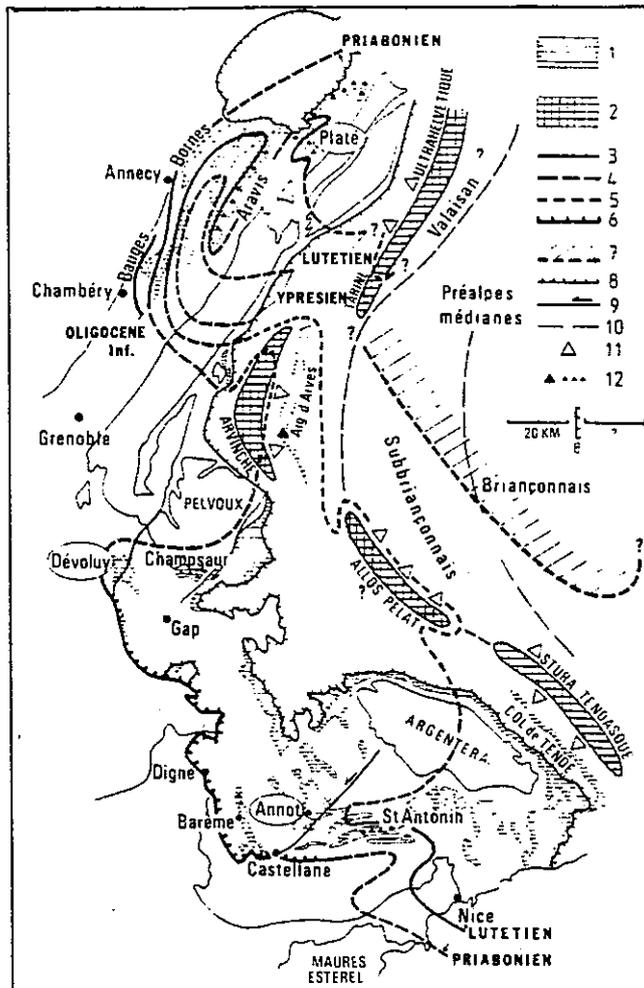


Fig. 6 - Le domaine du Paléogène marin des Alpes occidentales

Les affleurements de la zone externe sont dans leur disposition actuelle, sauf ceux des zones parautochtones arvinche et tendasque qui sont représentés, avec l'Ultrasubalpin et le Pennique externe, en position palinspastique approximative. On n'a pas tenu compte de coulissements longitudinaux éventuels à la limite de certaines zones, ni des rotations probables de certains ensembles de la zone externe.

1. Principaux affleurements de la zone externe ; 2. cordillères et paléochâfnes ; 3 à 6. limites de la transgression nummulitique, étapes : Yprésien, Lutétien, Priabonien, Oligocène inférieur ; 3. probable, 4. hypothétique, 5. très hypothétique, 6. transposée par un accident tectonique ; 7. limite SW de la mer alpine permanente du Crétacé supérieur à l'Eocène ; 8. chevauchement majeur ; 9. décrochement ; 10. frontière hypothétique des futures zones subbriançonnaise et briançonnaise ; 11. apports de matériel détritique grossier lors de la transgression ; 12. indices de volcanisme nummulitique. In C. KERCKHOVE, 1980.

Les massifs cristallins externes ne sont pas émergés, à l'exception du Pelvoux. C'est de part et d'autre de ce massif que va progresser la mer alpine qui envahit de nouveau le domaine externe à partir du Lutétien. Elle dépose trois groupes de faciès hétérochrones (trilogie priabonienne), plus jeunes d'Est en Ouest (CAMPREDON, 1972, 1977).

- faciès de transgression et calcaire de plate-forme ;
- faciès de milieu plus profond et calme : marnes à foraminifères benthiques et pélagiques (Marnes Bleues de la région d'Annot) ;
- faciès détritique terminal : ce sont des accumulations turbiditiques dans la majeure partie du bassin.

Le matériel des Grès du Champsaur, des Aiguilles d'Arves et de Taveyane est probablement d'origine interne. Celui des Grès d'Annot est en partie d'origine corso-sarde. Il faut rappeler qu'à l'Eocène supérieur, ce massif est affecté d'un bombement thermique prémice du rifting liguro-baléaire (période d'érosion intense) (MAUFFRET et al., 1981 ; REHAULT, 1981).

Localement, les séries détritiques nummulitiques enregistrent les indices d'un volcanisme andésitique (Aiguilles d'Arves, Champsaur, Saint-Antonin, Barrême, ...) qui pourrait témoigner de la présence d'un arc andésitique dans le domaine subalpin au Paléogène (GIRAUD, 1983 ; LE GUERN., 1979).

La sédimentation des flyschs les plus orientaux est interrompue par des avalanches de boue et de blocs, déclenchées par la progression des nappes du flysch à Helminthoïdes vers le domaine externe. A l'Ouest, la sédimentation normale se poursuit avant le soulèvement général de tout le domaine alpin.

4) Les événements post-éocènes

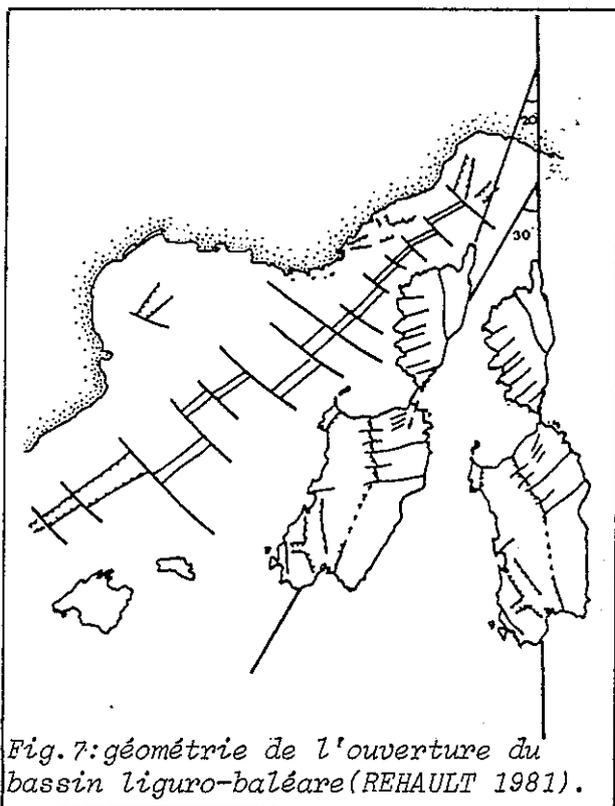


Fig. 7: géométrie de l'ouverture du bassin liguro-baléaire (REHAULT 1981).

Au Sud du bassin, le massif corso-sarde s'effondre. En effet, une phase de distension crustale induit la séparation du bloc Corse-Sardaigne de la Provence par une rotation anti-horaire qui commence à l'Oligocène moyen (- 29 M.a.) pour s'achever au cours du Miocène (- 17 à - 15 M.a.) (fig. 7).

- A l'Ouest, se déposent des molasses continentales et marines (Barrême, Riez-Valensole).
- A l'Est et au Nord, les nappes viennent s'étaler sur la zone externe par unités successives (en Embrunais-Ubaye: nappe de l'Autapie à l'Oligocène, nappe du Parpaillon au début du Miocène).
- Des phases de serrage tectonique réalisent peu à peu la structure actuelle du domaine subalpin méridional.
- Le soulèvement de l'Argentera, accompagné d'épisodes de fracturation n'interviendrait qu'au Miocène supérieur.

5) Le problème de l'autochtonie de la couverture sous les nappes

Cette autochtonie est discutée par certains auteurs qui considèrent le soubassement des nappes de l'Embrunais-Ubaye comme un empilement d'écaillés et de lames parautochtones à replacer en position originelle vers le N.E. (BOGDANOFF, 1980 et 1984 ; TEMPIER, 1979 ; KERCKHOVE et al., 1978 ; COCHONAT, 1977).

On observe en effet :

- un écaillage du socle de l'Argentera,
- plusieurs niveaux de décollement dans la couverture : cargneules du Trias moyen-supérieur, marnes noires du Callovo-Oxfordien, marnes médiocrétacées. Des structures comparables ont été mises en évidence sous les nappes des Alpes-Maritimes (VASLET, 1978).

Ces structures tectoniques témoignent d'une translation du socle et des unités de couverture globalement vers le S W. Elle serait plus ou moins synchrone de l'arrivée de la nappe d'Autapie dans le domaine externe (Oligocène moyen) et liée au même phénomène de serrage N E - S W de l'ensemble de la croûte à l'Alpin.

L'ampleur du déplacement serait variable dans chaque ensemble, probablement plus importante dans la couverture que dans le socle, mais difficile à chiffrer (fig. 8 a).

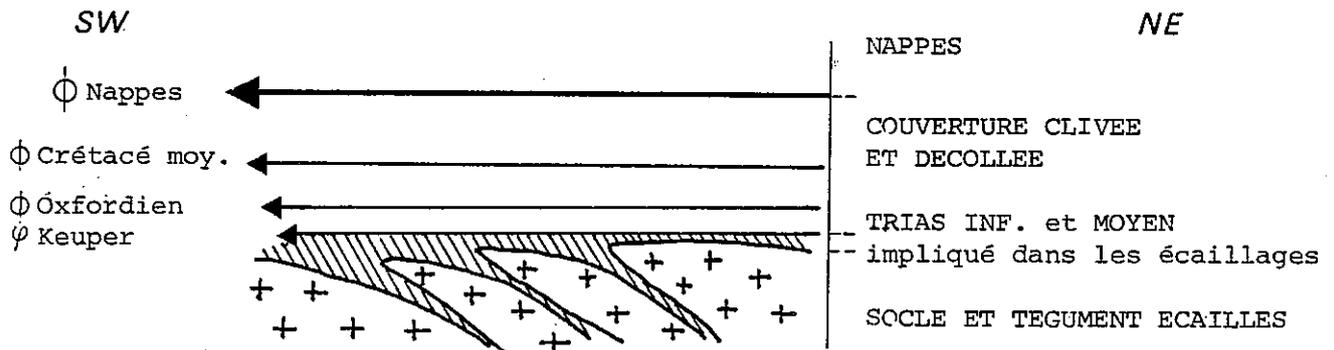


Fig. 8a: structure schématique du socle et de la couverture au NW de l'Argentera.

Dans cette hypothèse, les Grès d'Annot affleurant actuellement sous les nappes auraient sédimenté plus à l'Est ou au Nord-Est. Notre terrain fait partie de ces affleurements en position autochtone au moins relative vis à vis du socle (fig. 8 b).

III - ÉVOLUTION DES CONNAISSANCES SUR LES GRÈS D'ANNOT

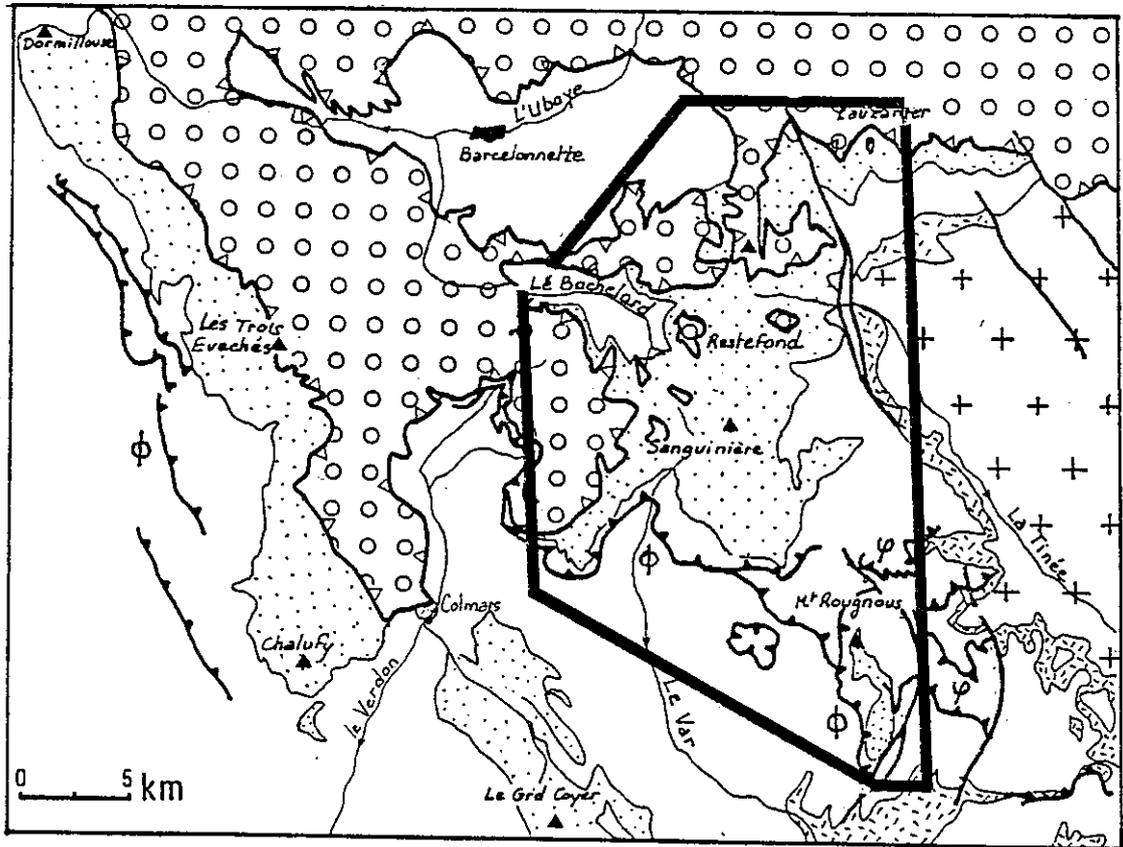
A - TRAVAUX ANTERIEURS A 1961

Ces premiers travaux sont assez ponctuels ou au contraire, s'inscrivent dans le cadre d'études plus vastes sur le Nummulitique alpin. Ils ne proposent donc pas de schéma paléogéographique mais diverses sources d'apport du matériel détritique sont envisagées.

- Les Maures et l'Esterel (BERTRAND, 1896 ; LAPPARENT, 1938).
- Le "cristallin d'Argentera" (BOUSSAC, 1912).
- Un continent actuellement englouti au large de Nice pour les grès situés au S et au S E de l'Argentera (Peira-Cava, Contes, Menton, Alpes-Maritimes franco-italiennes) (KUENEN et al., 1957).
- La couverture permo-triasique de l'Argentera pour les grès d'Annot affleurant sur le pourtour ouest, est et nord du massif (GÜBLER, 1958). Le socle n'aurait fourni que quelques galets de granite et de gneiss dans les Grès de Haute-Tinée (FAURE-MURET, 1955).

B - LE SCHEMA PALEO GEOGRAPHIQUE DE STANLEY (1961) (fig. 9)

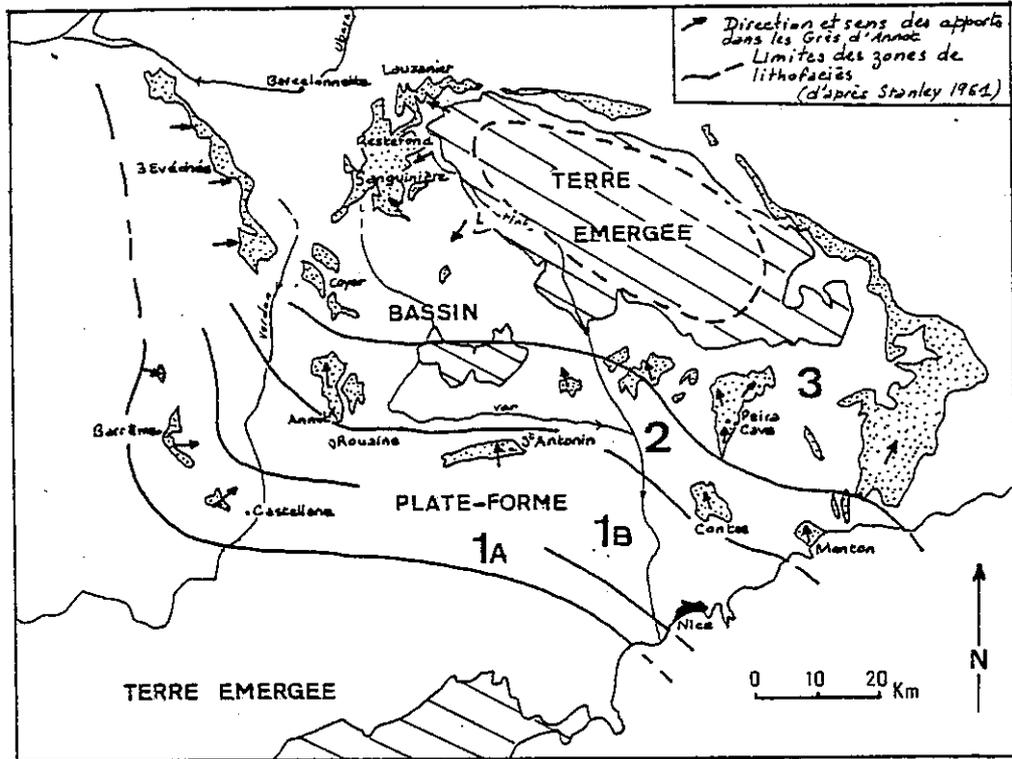
Reprenant en partie les conclusions des travaux de GÜBLER (1958), STANLEY étudie la quasi-totalité du domaine des Grès d'Annot.



Légende:

- | | | | |
|---|---|---|---------------------------------------|
|  | Zones internes
Nappes de l'Embrunais-Ubaye |  | Base des nappes |
|  | Nummulitique |  | Chevauchements dans la
couverture. |
|  | Mésozoïque (post-triasique) |  | Dans les Marnes médio-
crétacées. |
|  | Trias |  | Dans le Trias moyen-sup. |
|  | Socle et tégument |  | Faille majeure |
| | |  | Limites du terrain étudié |

Fig. 8b: carte structurale de la couverture à l'Ouest du massif de l'Argentera d'après TEMPIER (1979) et KERCKHOVE (carte GAP au 250.000e).



	ZONE SUD ET EXTERNE 1B 1A	ZONE INTERMEDIAIRE 2	ZONE NORD 3
LITHOFACIES	sables grossiers conglomérats	grès en bancs massifs	flysch
EPAISSEUR DE LA SERIE	peu épaisse	200-300 m	+ de 600m
MILIEU DE DEPOT	PLATE-FORME	BASSIN	
ASSOCIATION MINERAUX LOURDS	staurotide disthène grenat	staurotide disthène, zircon tourmaline, rutile apatite	zircon tourmaline rutile, apatite (grenat)
GALETS DES CONGLOMERATS	granites de St-Antonin rhyolithes de l'Esterel		granites, gneiss
CONTINENT D'ORIGINE	MASSIF EMERGE AU SUD DU BASSIN →		← COUVERTURE PERMO- TRIASIQUE ET SOCLE DE L'ARGENTERA

Fig.9: schéma paléogéographique du domaine des Grès d'Annot d'après STANLEY (1961), GUBLER (1958), LANTEAUME et al. (1967).

Il distingue 3 zones principales de lithofaciès correspondant à des dépôts de plate-forme au Sud et de bassin au Nord.

Un continent émergeait donc au Sud et alimentait la zone méridionale (et externe) en matériel détritique.

La zone nord présente un matériel différent par ses associations de minéraux lourds et de galets dans les niveaux conglomératiques. De plus, les figures de courant rayonnent autour du massif de l'Argentera qui aurait constitué un île émergée au centre du bassin des Grès d'Annot.

C'est le démantèlement de la couverture permo-triasique de ce massif qui aurait fourni le matériel gréseux de la zone nord à l'exception des Grès de Peira-Cava d'origine méridionale et de ceux de la chaîne des Trois-Evêchés au N.W. Dans ce dernier secteur, les figures de courant indiquent selon STANLEY une provenance très problématique depuis l'Ouest.

Dans la zone intermédiaire, se mélangent les différents types d'apports.

LANTEAUME (1962, et al. 1967) complète ce schéma en y intégrant des données sur les grès des Alpes-Maritimes franco-italiennes. Il propose en particulier une alimentation à partir de la "cordillère tendasque" pour les Grès d'Annot situés sous l'unité du col de Tende.

BODELLE (1971) met en évidence que 80 % des galets des formations conglomératiques de Saint-Antonin dans lesquelles on trouve d'énormes blocs de granite, sont d'origine énigmatique. Ces roches pourraient être issues des prolongements des massifs provençaux et corses, actuellement effondrés en Méditerranée. Les autres sources d'alimentation, mineures, sont l'Argentera et les massifs cristallins provençaux (fig. 10).

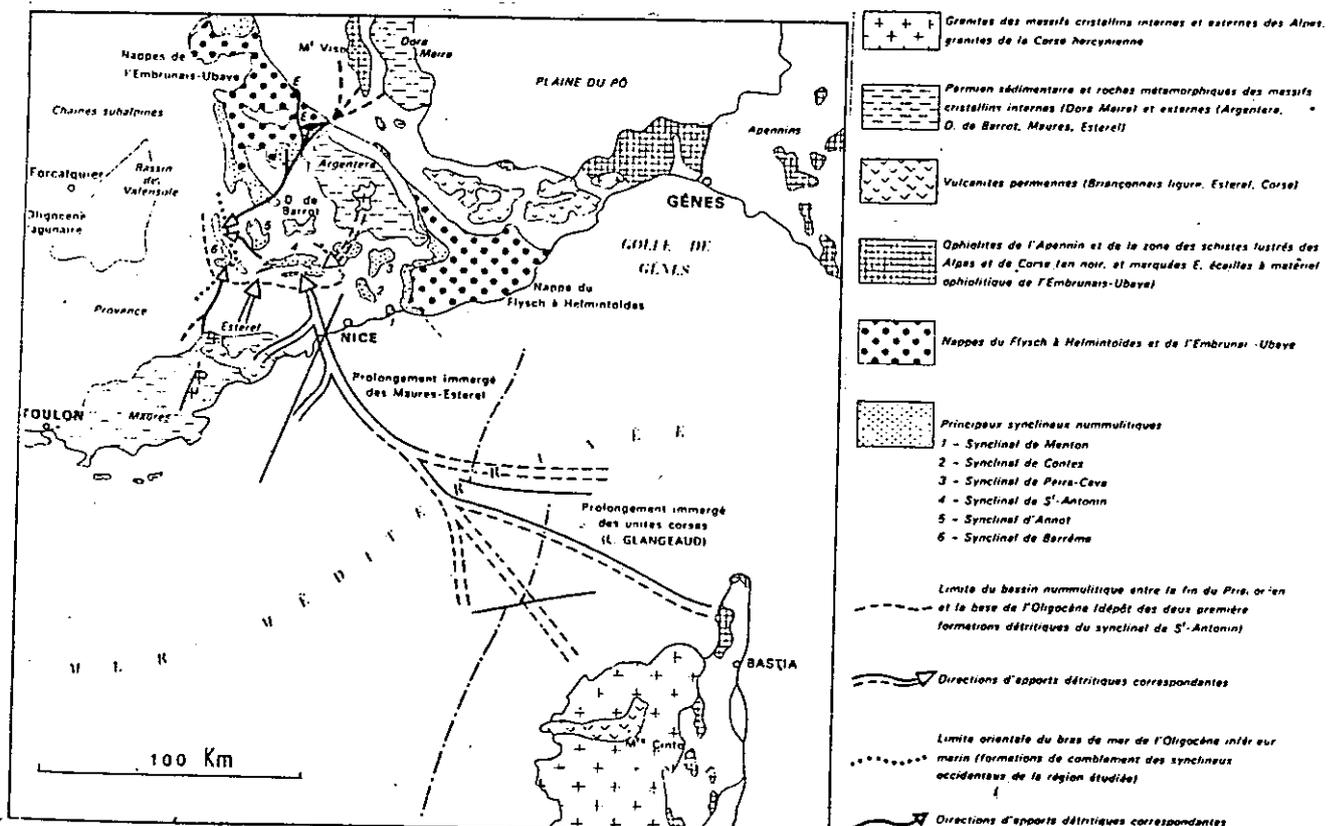
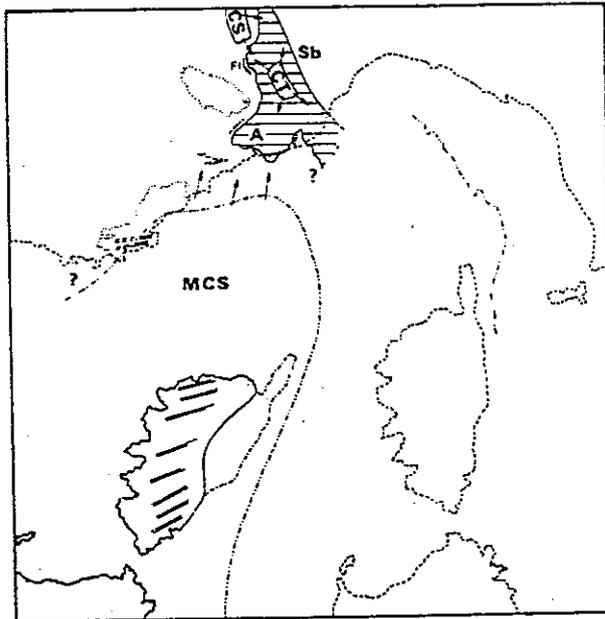


Fig. 10: carte schématique résumant les directions d'apports détritiques grossiers dans les formations conglomératiques des synclinaux de St-Antonin et de Barrême. D'après BODELLE (1971).

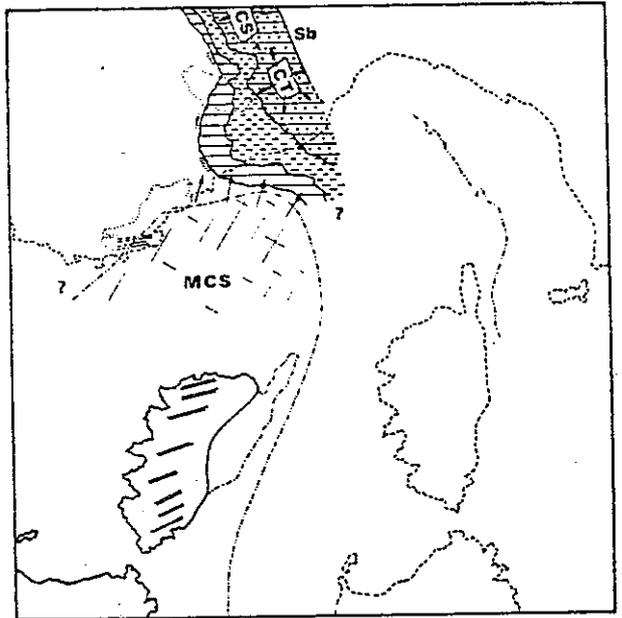
a. Lutétien inférieur et moyen.

0 50 km



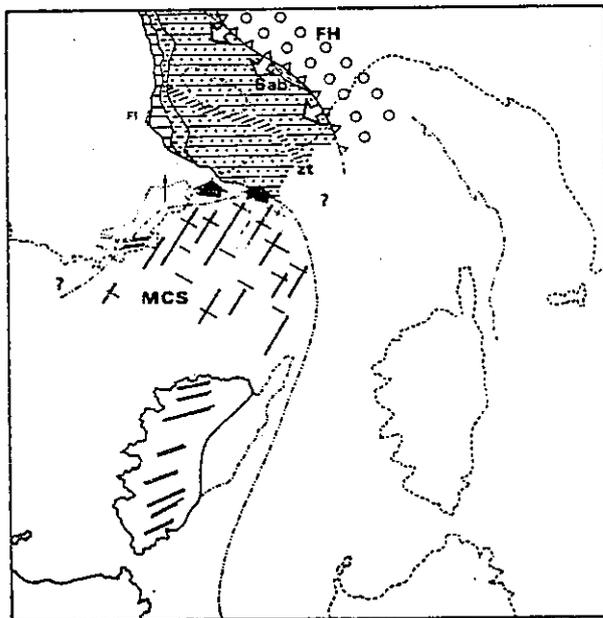
b. Lutétien moyen - Lutétien supérieur.

0 50 km



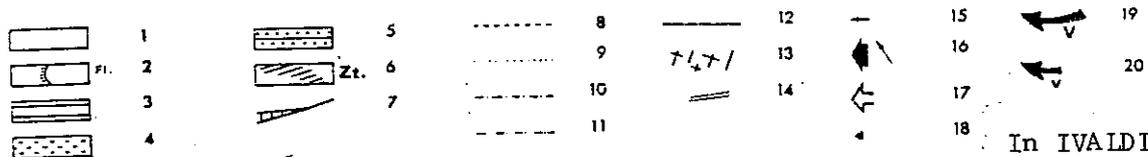
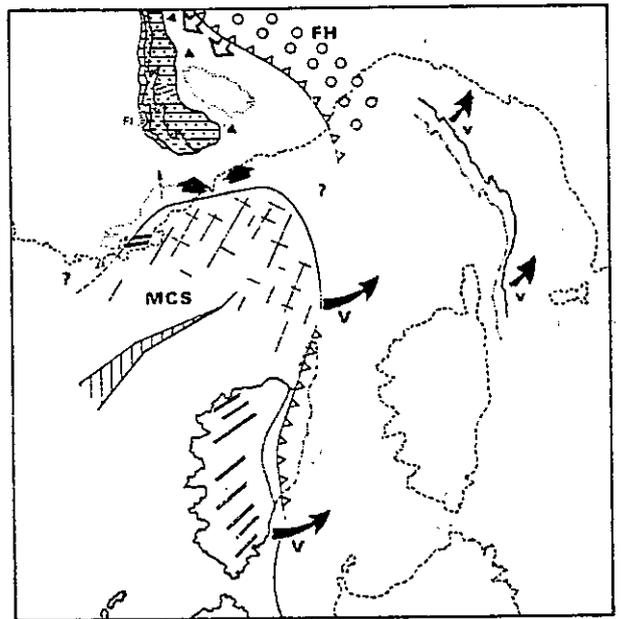
c. Priabonien.

0 50 km



d. Oligocène inférieur.

0 50 km



In IVALDI 1974

Fig. 11 — Evolution paléogéographique du domaine des « Grès d'Annot » et de ses bordures au cours du Paléogène.

1, Terres émergées; 2, Faciès laguno-marins à continentaux; 3, Faciès détritiques littoraux; 4, Faciès marneux; 5, Complexe des « Grès d'Annot »; 6, Zone de mélange des apports « alpins » et « corso-sardes »; 7, Zone à « croûte amincie » (début d'océanisation); 8, Rivages actuels; 9, Limites actuelles de l'Argentera-Mercantour et de l'ensemble Maures-Tanneron-Esterel; 10, Limite actuelle de la Corse alpine; 11, Limite du socle « corso-sarde » au cours de l'Eocène (repère: position de la future côte nord-occidentale de l'Apennin); 12, Limite du socle « corso-sarde » à l'Oligocène inférieur (repère: position de la future côte nord-occidentale de l'Apennin); 13, Réseau de failles fini-lutétien affectant le socle « corso-sarde »; 14, Accidents anté-alpins; 15, Matériel détritique provenant de l'érosion des cordillères internes; 16, Matériel détritique provenant de l'érosion du socle « corso-sarde » et de sa couverture permotriassique; 17, Matériel détritique issu du démantèlement des nappes alpines et plus particulièrement des nappes du Flysch à Helminthoïdes; 18, Alimentation du bassin résiduel nummulitique par les « Grès d'Annot » eux-mêmes; 19, Dérive anti-horaire de l'axe corso-sarde; 20, Dérive anti-horaire du futur Apennin (on admet que l'ensemble corso-sarde se déplace plus rapidement que le futur Apennin, ce qui provoque une compression relative entre les deux blocs).

A, Autochtone; CT, Cordillère tendasque; CS, Cordillère de la Stura; MCS, Massif corso-sarde; Sab, Schistes à blocs; Sb, Zone subbriançonnaise; FH, Flysch à Helminthoïdes.

Les étapes de la transgression et de la régression de la mer paléogène sont tirées des travaux de R. CAMPREDON, 1972.

C - TRAVAUX RECENTS DANS LE CADRE DE LA TECTONIQUE DES PLAQUES -
UTILISATION DE NOUVELLES METHODES D'ETUDE

IVALDI (1973) réétudie le problème de l'origine des Grès d'Annot en utilisant une nouvelle technique physique d'étude : la thermoluminescence (fig. 11).

Il exclue presque totalement l'Argentera (socle et couverture) comme source des grès de la zone nord. Ceux-ci auraient été alimentés par les cordillères tendasque et de la Stura, puis par les nappes du flysch à Helminthoïdes, y compris à Peira-Cava où ces résultats contredisent les conclusions de KUENEN et al., basées sur l'étude des figures de courant.

Le continent émergé au Sud du bassin, évoqué depuis 1957 est enfin assimilé au massif corso-sarde, grâce aux nouveaux modèles géodynamiques de l'évolution de la Méditerranée occidentale. Ce massif, source pérenne d'alimentation des Grès d'Annot de la zone méridionale, aurait fourni du matériel détritique dans de nombreuses formations provençales, corses et sardes, depuis le Crétacé supérieur en particulier (fig. 12).

Des études plus récentes (pétrographie, géochimie, typologie des zircons) montrent que les gros blocs de granite de Saint-Antonin sont issus du démantèlement d'une lame de socle affleurant dans ce secteur au Paléogène (TOURE, 1981 ; TOURE et al., 1981).

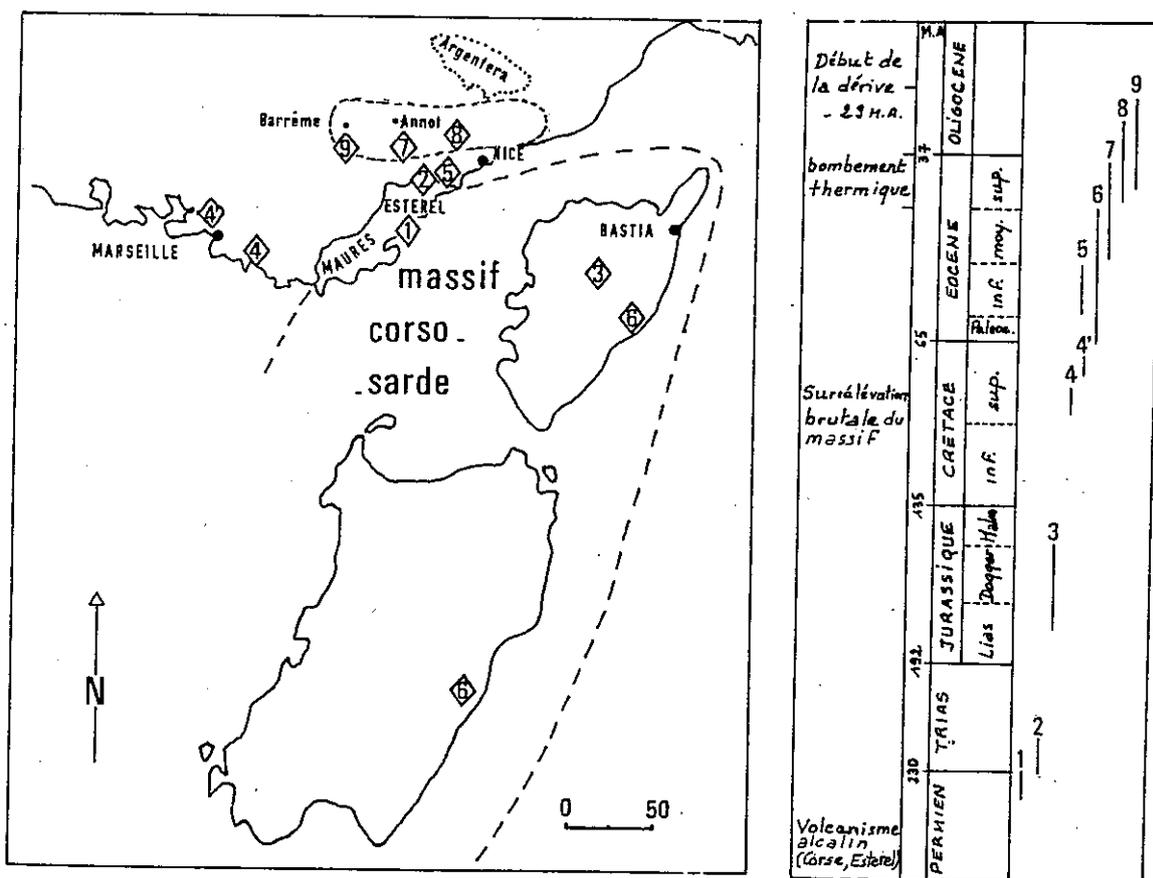


Fig. 12 - Les formations détritiques d'origine corso-sarde p.p.

1. Grès d'Aigue-Bonne, Esterel. Permien sup. (PUPIN, 1976, p. 367).
2. Grès du Tanneron septentrional. Werfénien (PUPIN, 1976, p. 365).
3. Formations détritiques des environs de Corte. Lias sup. et Dogger (BEAUVAIS et RIEUF, 1981 ; DARDEAU, 1983, p. 353).
4. Conglomérats turoniens de la Ciotat (J.J. BLANC, 1951).
- 4'. Conglomérats bégudiens de Fos sur Mer.
5. Sables bariolés de la bordure N.E. du Tanneron et de l'Esterel. Eocène inf. (IVALDI, 1973, p. 144).
6. Formations détritiques de Sardaigne et de Corse ; séries de Solario et Prunelli. Paléocène à Priabonien basal (AMAUDRIC DU CHAFFAUT, 1980).
7. Calcaires détritiques de la Trilogie priabonienne au S.O. de l'Argentera (IVALDI, 1973 ; CAMPREDON, 1971).
8. Grès d'Annot des zones sud et intermédiaire p.p., Grès de Peira-Cava.
9. Equivalents latéraux des Grès d'Annot (zone externe) : Grès de Castellane et de Barrême (Priabonien à Sannoisien). Niveau à Natica crassatina à Barrême (Rupélien).

D - ETUDES RECENTES SUR LES GRES D'ANNOT EN TANT QUE SERIE A TURBIDITES

- A la suite des progrès réalisés dans la connaissance de la sédimentation turbiditique, STANLEY (1975, 1978) propose un modèle sédimentologique moderne où l'on distingue (fig. 13) :

- . Zone sud : une plate-forme étroite.
- . Zone intermédiaire : un talus continental entaillé par des canyons dont les Grès d'Annot s.s., Contes, Menton, représentent le remplissage turbiditique. La profondeur initiale de dépôt est estimée à 900 m à Annot (F. MOUGIN, 1975).
- . Zone nord : un glacis sur lequel s'édifient des cônes sous-marins profonds (deep-sea fans) au débouché des canyons : accumulations turbiditiques de Peira-Cava, du col de la Cayolle.

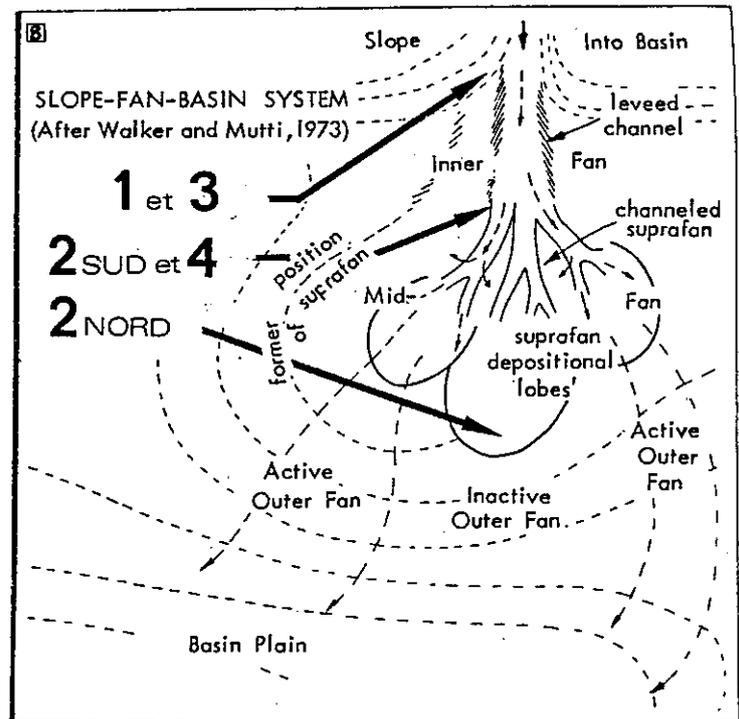
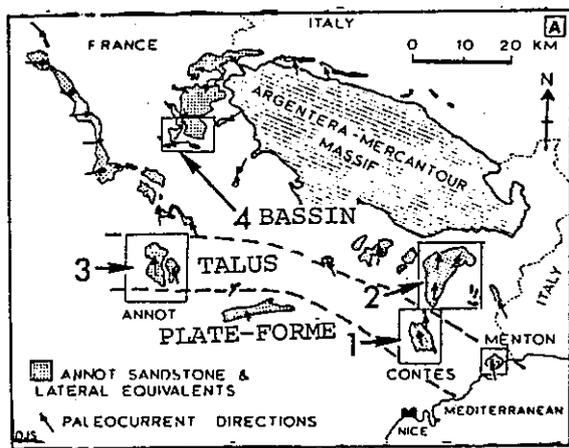


Fig.13
A/paléogéographie du domaine des Grès d'Annot d'après STANLEY (1975) modifié.
B/les affleurements étudiés (1:Contes, Menton; 2:Peira-Cava; 3:Annot; 4:col de la Cayolle) sont replacés dans le modèle de canyon-cône sous-marin profond de WALKER et MUTTI (1973) (d'après STANLEY 1975 modifié).

- Les turbidites de la zone nord, à l'Ouest de l'Argentera ont été récemment réétudiées "afin de définir plus précisément des critères de reconnaissance de la sédimentation turbiditique grossière sur sections sismiques", RAVENNE et CREMER (1981), INGLIS et al. (1981), RAVENNE et BEGHIN (1983), CREMER (1983). Nous reviendrons sur les résultats de ces travaux dans la première partie de ce mémoire.

G. GHIBAUDO procède actuellement à une étude de détail de la série gréseuse (reconstitution précise de la géométrie des corps sableux).

Ces travaux ne sont pas axés sur l'origine des grès, mais ils contribuent à éclaircir certains points importants :

- . les figures sédimentaires dans les Grès des Trois-Evêchés révèlent des courants de l'Est vers l'Ouest, au contraire du modèle de STANLEY (INGLIS et al., 1981) ;

. au Grand-Coyer, elles indiquent des apports méridionaux.

- A ce stade, et bien que cette idée ne soit pas exprimée clairement dans les publications récentes, on peut considérer que les Grès d'Annot situés au Sud d'une ligne Colmars-St Martin-Vésubie sont essentiellement d'origine méridionale, corso-sarde s.l. (cf. fig. 14).

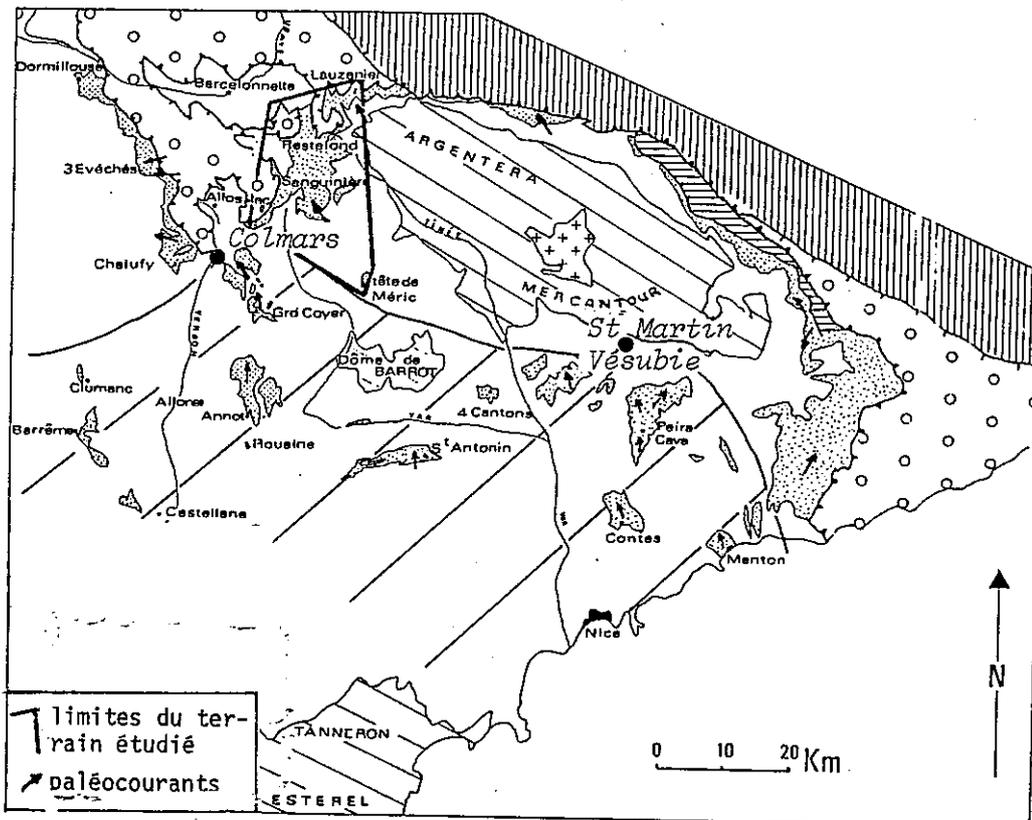


Fig. 14: affleurements de Grès d'Annot d'origine corso-sarde supposée (aire hachurée).

IV - PROBLEMES RELATIFS A LA ZONE NORD ET AU TERRAIN ETUDIE

- Le problème de l'origine et de la paléogéographie des Grès d'Annot de la zone nord reste donc entier.

- La tectonique alpine et l'érosion qui affecte la région depuis son émergence à l'Oligocène ont eu pour effet d'isoler les grès en petits affleurements épars, dont les relations sont définitivement effacées. Cependant, la dispersion des affleurements pourrait s'expliquer aussi par une organisation en remplissage de cuvette, comme on le verra par la suite.

- Les relations entre les Grès d'origine méridionale présumée (fig. 14) et ceux situés au N et au N E., moins étudiés et dont l'origine reste mal connue, sont particulièrement problématiques. De plus, la position autochtone de ces grès, qui constituent le soubassement immédiat des nappes de l'Ubaye et des Alpes-Maritimes semble douteuse.

- Enfin, selon les modèles disponibles, les grès de la zone nord auraient pu être alimentés par de nombreuses sources d'apport (Argentera, socle et/ou permo-Trias; "cordillères", flysch à Helminthoïdes, ...). Le problème de l'âge de l'émergence de l'Argentera est donc crucial.

- Sur notre terrain en particulier, une alimentation partielle à partir du cristallin de ce massif a été envisagée. Or, on a vu qu'à l'Eocène supérieur, sa partie S E n'alimentait pas les Grès de Peira-Cava pourtant tout proches. Des études récentes ont montré qu'à la même époque, la partie N W du massif était encore enfouie sous une épaisse couverture (CARPENA et BOGDANOFF, 1982).

V - BUT DE L'ETUDE

Le but de cette étude est de reconstituer la paléogéographie du secteur étudié, puis de l'intégrer dans le cadre plus vaste du domaine des Grès d'Annot. Pour cela, nous étudierons :

- Dans la première partie, les modalités de dépôt de ces accumulations turbiditiques grossières : organisation interne de la série gréseuse, rapports avec les terrains "encaissants", relations avec les affleurements de grès les plus proches ;

- dans la deuxième partie, la pétrographie du matériel détritique et ses origines possibles.

PREMIERE PARTIE

LES SERIES A TURBIDITES GRES D'ANNOT OUEST ET NORD ARGENTERA
DANS LEUR CADRE STRATIGRAPHIQUE ET TECTONIQUE REGIONAL

INTRODUCTION

SERIE OUEST-ARGENTERA

COUPES DANS LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

STRUCTURATION ET PHYSIOGRAPHIE DU BASSIN DES GRES D'ANNOT
OUEST-ARGENTERAANALYSE DE LA SERIE A TURBITIDES GRES D'ANNOT DES MASSIFS DE
SANGUINIERE ET RESTEFOND, ESSAI DE CARACTERISATION DU CONE
SOUS-MARIN PROFOND OUEST-ARGENTERA

RELATIONS GRES D'ANNOT - "SCHISTES A BLOCS"

SERIE NORD-ARGENTERA

LA SERIE GRES D'ANNOT NORD-ARGENTERA (COUPE DU LAC DU LAUZANIER)

CONCLUSION

PREMIERE PARTIE

INTRODUCTION

- I - SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET LIMITES DU TERRAIN ÉTUDIÉ
- II - LE STYLE TECTONIQUE
- III - LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE - APERÇU SUR LE NUMMULITIQUE
À L'OUEST ET AU NORD DE L'ARGENTERA
- IV - CONCLUSION

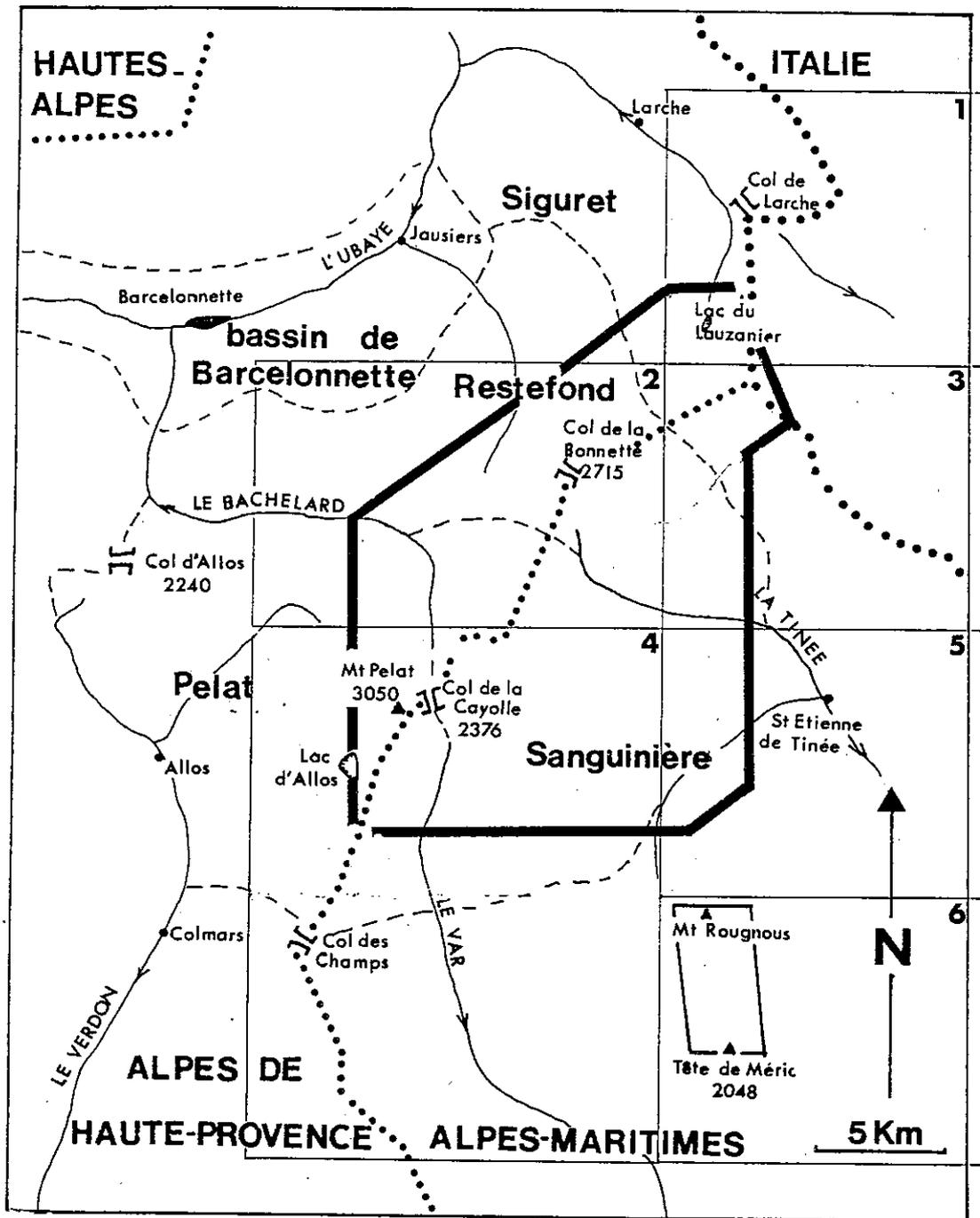


Fig.15: situation géographique et limites du terrain étudié.

- limite du secteur d'étude
- - - limite géographique des principaux massifs
- frontière italienne
- limite de département

Cartes I.G.N. utilisées: 1/LARCHE 1-2 2/BARCELONNETTE 7-8

3/LARCHE 5-6 4/ENTRAUNE-COL DE LA CAYOLLE 3540 Est

5/St-ETIENNE DE TINEE 1-2 6/St-ETIENNE DE TINEE 5-6

25 .000e

I - SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET LIMITES DU TERRAIN ÉTUDIÉ (fig. 15)

Notre terrain s'étend sur environ 200 km² à cheval sur les départements des Alpes-Maritimes et des Alpes de Haute-Provence, au SE de Barcelonnette.

Cette région montagneuse dont les principaux sommets culminent à 3000 mètres, est encadrée par les hautes vallées de l'Ubaye au Nord, du Verdon à l'Ouest et de la Tinée à l'Est. Elles constituent, avec la vallée du Var et les gorges de Bachelard, les principales voies d'accès au terrain et communiquent par des cols impraticables d'octobre à juin (col de la Cayolle 2376m, col de la Bonnette 2715 m, col d'Allos, col des Champs).

Le terrain proprement dit, limité aux affleurements de Nummulitique, s'étend en continuité sur les massifs suivants :

- massif de Sanguinière au Sud,
- massif du Pelat au Sud-Ouest (secteurs du lac d'Allos, du col de la Cayolle, ...),
- massif de Restefond au Nord,
- massif du Siguret au Nord-Est (secteur du lac du Lauzanier) où les affleurements se prolongent en Italie, la crête frontière limitant notre secteur d'étude.

Le petit affleurement isolé du Mont-Rougous - Tête de Méric, au Sud de Sanguinière, a fait l'objet d'une étude plus rapide.

II - LE STYLE TECTONIQUE (CF. CARTE HORS-TEXTE)

Le Nummulitique du secteur étudié appartient à l'unité supérieure rigide de la pile sédimentaire, clivée à plusieurs niveaux comme nous l'avons vu dans l'introduction générale (cf. p.16-17). Cette unité est très peu déformée par rapport aux termes sous-jacents de la couverture et par rapport aux nappes de l'Embrunais-Ubaye qui la chevauchent.

Elle a principalement été affectée par des phases tectoniques post-nappes :

- quelques plis d'axe N 160 (anticlinal du Lausson, synclinal de Roche-Grande, ...);
- réseau de failles post-nappes à tracé subméridien et jeu surtout vertical. La plus importante de ces failles, celle de Bousieyas-Camps des Fourches, remonte le socle cristallophyllien de l'Argentera en rive gauche de la Tinée. Quelques fractures de direction EW, également post-nappes, existent dans le massif de Restefond.

III - LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE - APERÇU SUR LE NUMMULITIQUE À L'OUEST ET AU NORD DE L'ARGENTERA

Dans la région étudiée, on distingue 2 types de séries présentant de fortes différences de faciès et d'organisation, du Crétacé supérieur au Nummulitique (fig. 16).

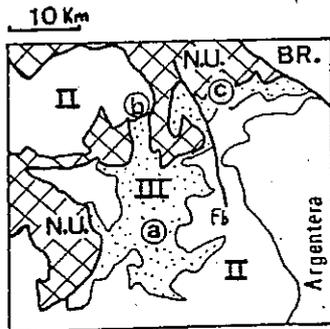
OUEST-ARGENTERA

NORD-ARGENTERA

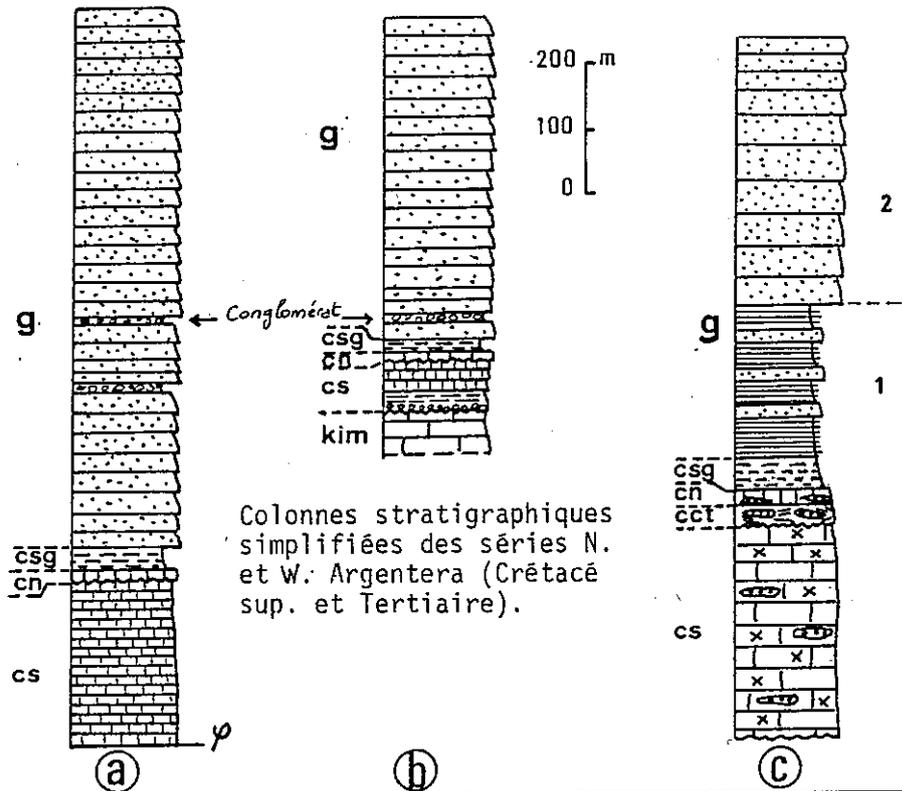
RESTEFOND SUD
SANGUINIÈRE

TERRES-PLAINES
(RESTEFOND NORD)

LAUZANIER



BR: zone brianconnaise
 NU: nappes de l'Ubaye
 III: Tertiaire autochtone
 II : Mésozoïque " "
 a, b, c: différents types
 de séries.
 Fb: faille de Bousièyas
 Camps des Fourches.



Colonnes stratigraphiques
 simplifiées des séries N.
 et W: Argentera (Crétacé
 sup. et Tertiaire).

GRES D'ANNOT g	alternances de niveaux gréseux et grésopélitiques. niveaux repères de conglomérats à matrice grésopélitique.		1: ensemble inférieur à dominance grésopélitique 2: ensemble supérieur gréseux.
CALCSCHISTES A GLOBIGERINES csg	marnes très indurées à patine gris-argent.		
CALCAIRE A NUMMULITES cn	calcaire bioclastique épaisseur variable (2 à 15 m)		calcaire bioclastique à passées de roches endogènes.
COUCHES CONTINENTALES ET DE TRANSGRESSION cct	très réduites à absentes représentées par des conglomérats à galets de Crétacé supérieur.		localement plus développées (jusqu'à 30 m d'épaisseur) niveaux à cailloutis de roches endogènes.
CRETACE SUPERIEUR cs	Calcaires à Globotruncana (pélagiques) Contact anormal sur termes sous-jacents. Épaisseur 200m	Calcaires et Calcschistes + conglomérats basal. Discordant sur le Malm. 60m	Calcaires à Rudistes (plate-forme) à passées de cailloutis de roches endogènes. Discordant. 300m

Fig. 16: divers aspects de la série autochtone (Crétacé supérieur et Nummulitique) à l'Ouest et au Nord de l'Argentera (figure réalisée à partir des notices des cartes Barcelonnète et Larche au 50.000e et d'après STURANI 1962).

- A l'Ouest de l'Argentera : série des massifs de Sanguinière et Restefond ; elle présente une variante au Nord de Restefond, dans la région des Terres-Plaines.

- Au Nord de l'Argentera : série du Lauzanier.

Les particularités du Crétacé supérieur et du Nummulitique carbonaté des différents secteurs ont été largement décrites dans la littérature.

Par contre, les différences d'organisation de la série Grès d'Annot à l'Ouest et au Nord du massif cristallophyllien n'avaient pas été signalées. Elles apparaissent brutalement de part et d'autre du vallon de Pelouse dans lequel se prolonge l'accident majeur de Bousieyas-Camps des Fourches.

A - CRETACE SUPERIEUR - NUMMULITIQUE CARBONATE (fig. 16 et 17)

- Lauzanier

La présence de cailloutis de roches endogènes dans le Crétacé supérieur (calcaires à Rudistes), ainsi que dans les couches continentales et le calcaire nummulitique de cette série, indique la proximité d'un massif émergé (Argentera ? "Cordillière" de la Stura ?). Le calcaire à Nummulites est d'âge Priabonien (fig. 17 c).

- Sanguinière-Restefond

Ce matériel endogène n'existe pas à l'Ouest de l'Argentera. Le calcaire nummulitique et les conglomérats de base ont été datés du Priabonien inférieur à supérieur basal dans la région de Tours du lac d'Allos (coupe de l'Encombrette, fig. 17 a).

- Terres-Plaines

Le Crétacé supérieur réduit, repose en discordance sur le Malm. Il s'est déposé sur un paléorelief formé par le flanc sud d'un pli précoce (début du Crétacé supérieur), l'anticlinal des Terres-Plaines.

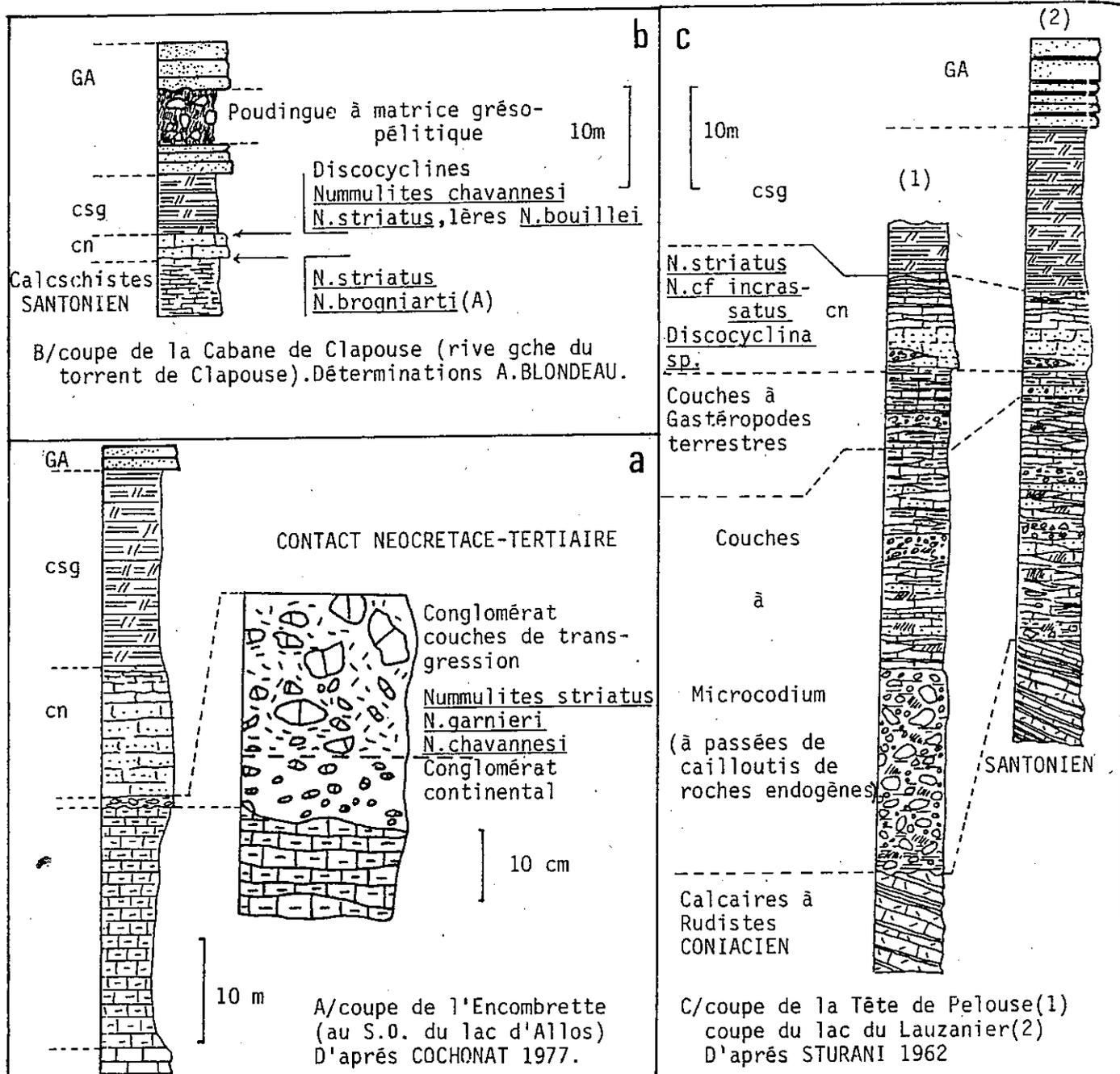
Le calcaire à Nummulites, très réduit, présente les mêmes associations de faune que dans la coupe de l'Encombrette (fig. 17 b).

Rq : Les Calcschistes à Globigérines ne fournissent aucun élément de datation précise sur l'ensemble du terrain. Les Marnes Bleues originelles ont été fortement schistosées lors des phases de tectonique alpine. En outre, elles auraient subi une diagenèse poussée, d'origine thermo-tectonique.

B - LES GRES D'ANNOT (fig. 16 et 18)

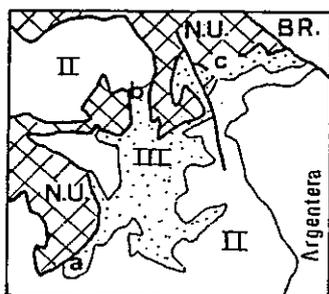
1) Ouest-Argentera, série à turbidites de Sanguinière-Restefond (et série des Terres-Plaines)

Il n'existe pas de coupe complète de la série gréseuse (des Calcschistes à Globigérines aux schistes à blocs). Le sommet de la formation est généralement érodé (Sanguinière, Lac d'Allos). Dans le massif du Restefond, où les schistes à blocs apparaissent au toit des Grès, c'est la base de la série qui est masquée. Il est donc nécessaire de corréliser des "morceaux" de coupes pour avoir une idée de l'épaisseur totale de la série.



GA:Grès d'Annot csg:Calcschistes à Globigérines cn:Calcaire nummulitique

10 Km



BR:zone brianchonnaise
NU:nappes de l'Ubaye
III:Tertiaire autochtone
II :Mésozoïque
a,b,c:secteurs où ont été effectuées les coupes
Fb:faille de Bousièyas
Camps des Fourches

Fig 17:Divers aspects du Priabonien carbonaté de la série autochtone au Nord et à l'Ouest de l'Argentera.

- La série Grès d'Annot se présente comme une succession d'entablements gréseux (constitués d'un empilement de bancs parallèles) séparés par de petites vires gréso-pélitiques (fig. 16 a et b, fig. 18 a)

Ces unités (10 à 100 mètres d'épaisseur) n'ont pu être représentées sur la carte au 1/50 000ème à l'exception d'une vire-repère très marquée, dans le massif de Sanguinière.

Deux autres niveaux-repères existent sur la quasi-totalité du terrain: ce sont des poudingues à matrice gréso-pélitique brune et à galets de roches endogènes dominants.

2) Nord-Argentera, série à turbidites du Lauzanier

La série, complète (750 m environ), comporte un ensemble inférieur à dominance gréso-pélitique et un ensemble supérieur uniquement gréseux (fig. 16 c et fig. 18 b).

Ces deux lithofaciès ont été distingués sur la carte hors-texte. On ne retrouve aucun des niveaux repères de la série Ouest-Argentera.

3) L'âge des Grès d'Annot des séries ouest et nord-Argentera

Un échantillonnage a été effectué dans les niveaux hémipélagiques de la série gréseuse sur l'ensemble du terrain (déterminations C. MULLER, IFP).

Les nannofossiles sont assez rares et généralement mal conservés. Les datations sont donc imprécises. La plupart des échantillons ont donné un âge Eocène supérieur (zones NP 18 à NP 19-20). D'autres semblent monter dans l'Oligocène. Cependant, la subdivision Eocène-Oligocène est basée sur l'extinction de faunes dont l'absence dans notre matériel pourrait ne pas être uniquement "biostratigraphique" (cf. annexe 1).

IV - CONCLUSION

Actuellement, nous ne sommes pas en mesure de corréler, même approximativement, les séries nummulitiques ouest et nord-Argentera.

- Elles sont situées dans 2 compartiments isolés tectoniquement et dont on ne connaît pas les positions originelles.

- Il n'existe aucun niveau repère "physique" commun aux 2 séries.

- Les corrélations biostratigraphiques sont impossibles.

En outre, toute tentative de corrélation en partant des Calcschistes à Globigérines ou des Schistes à blocs, serait hasardeuse comme nous le verrons dans la suite de la première partie.

Le rapprochement tardif des séries ouest et nord-Argentera, primitivement plus éloignées l'une de l'autre qu'elles ne le sont actuellement, pourrait être lié à une composante en coulissement de la faille de Bousieyas-Camps des Fourches.

Fig. 18: aspects de la série Grès d'Annot à l'Ouest et au Nord de l'Argentera.

A/OUEST-ARGENTERA →

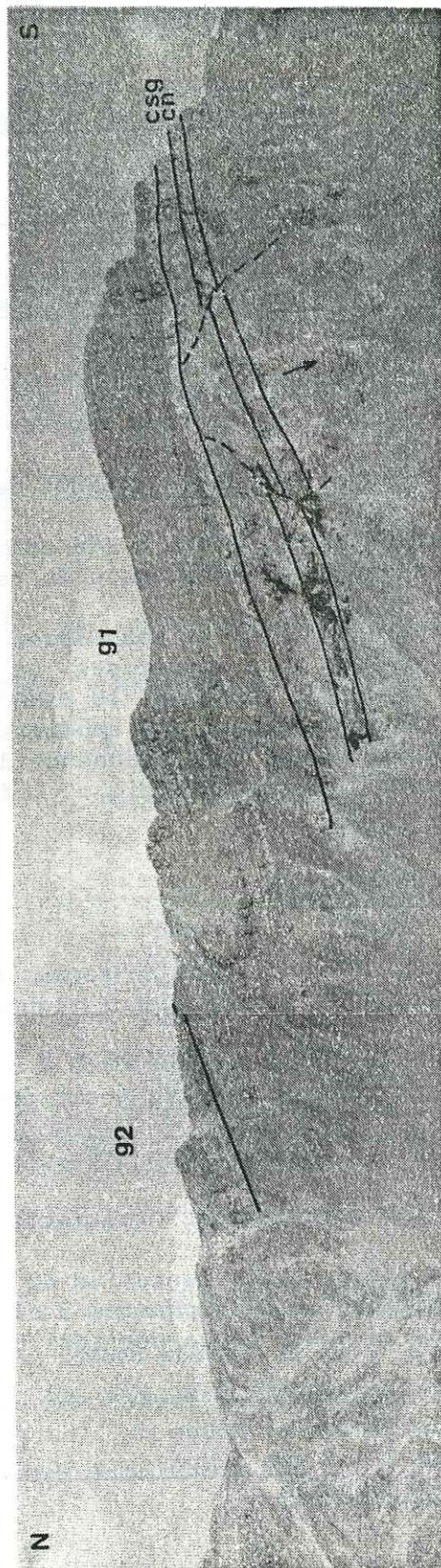
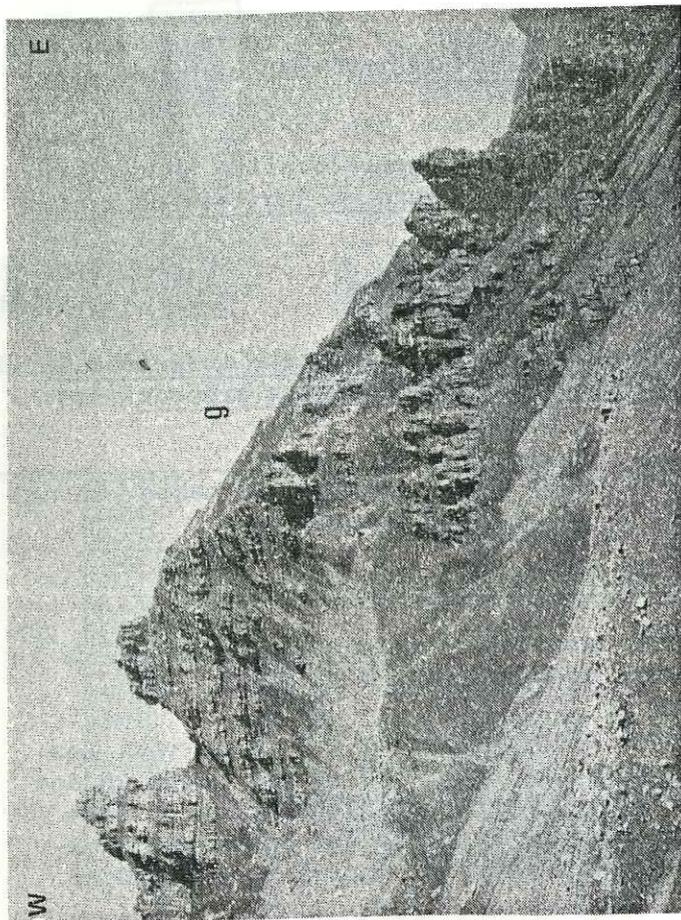
coupe de la Cime Dieu de Delfy
(massif de Sanguinière)

Succession d'ensembles gréseux séparés par des
niveaux grésopélimitiques (g).

B/NORD-ARGENTERA

↓ coupe de la Tête de Pelouse
(massif du Siguret, région du Lauzanier)
Un ensemble inférieur grésopélimitique (g1)
Un ensemble supérieur gréseux (g2)

csg: Calcschistes à Globigérines
cn: calcaire mummulitique



Etant données les différences très marquées d'organisation de la série Grès d'Annot de part et d'autre de cet accident, il faut envisager un coulisement plurikilométrique. Il pourrait être sénestre compte-tenu de la virgation dans la foliation des gneiss du massif de l'Argentera aux abords de la faille (communication orale S. BOGDANOFF) (fig. 19).

Pour STURANI (1963), le Nummulitique ne présente pas de variation de faciès notable du Lauzanier jusqu'à Vinadio. La série Grès d'Annot nord-Argentera pourrait donc présenter une organisation interne constante sur la bande d'affleurement qui s'étend sur 30 km environ du vallon de Pelouse à l'WNW jusqu'à Demonte à l'ESE (fig. 19).

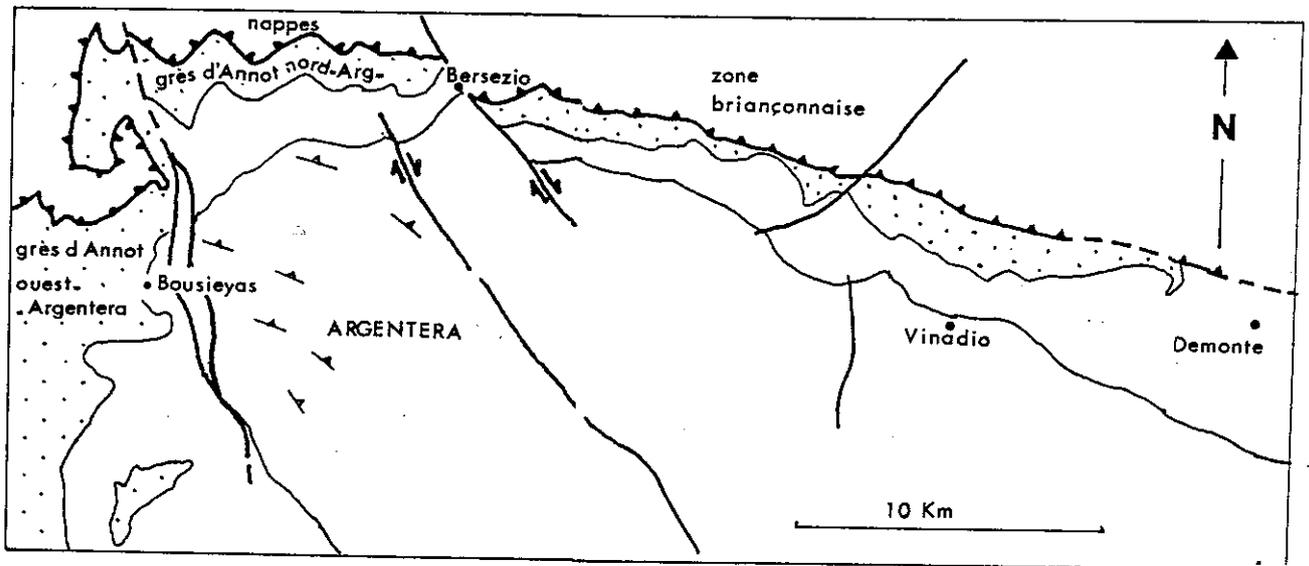


Fig. 19 - Schéma structural de la partie nord du massif de l'Argentera.
(∇ : foliation des gneiss)

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE I

COUPES DANS LA SERIE GRES D'ANNOT

OUEST-ARGENTERA

- I - ENTRE VERDON ET TINÉE : LES AFFLEUREMENTS DU MASSIF DE SANGUINIÈRE
- II - ENTRE TINÉE ET BACHELARD : LES AFFLEUREMENTS DU MASSIF DE RESTEFOND
- III - DU SUD DE SANGUINIÈRE AU NORD DE RESTEFOND
- IV - CONCLUSION

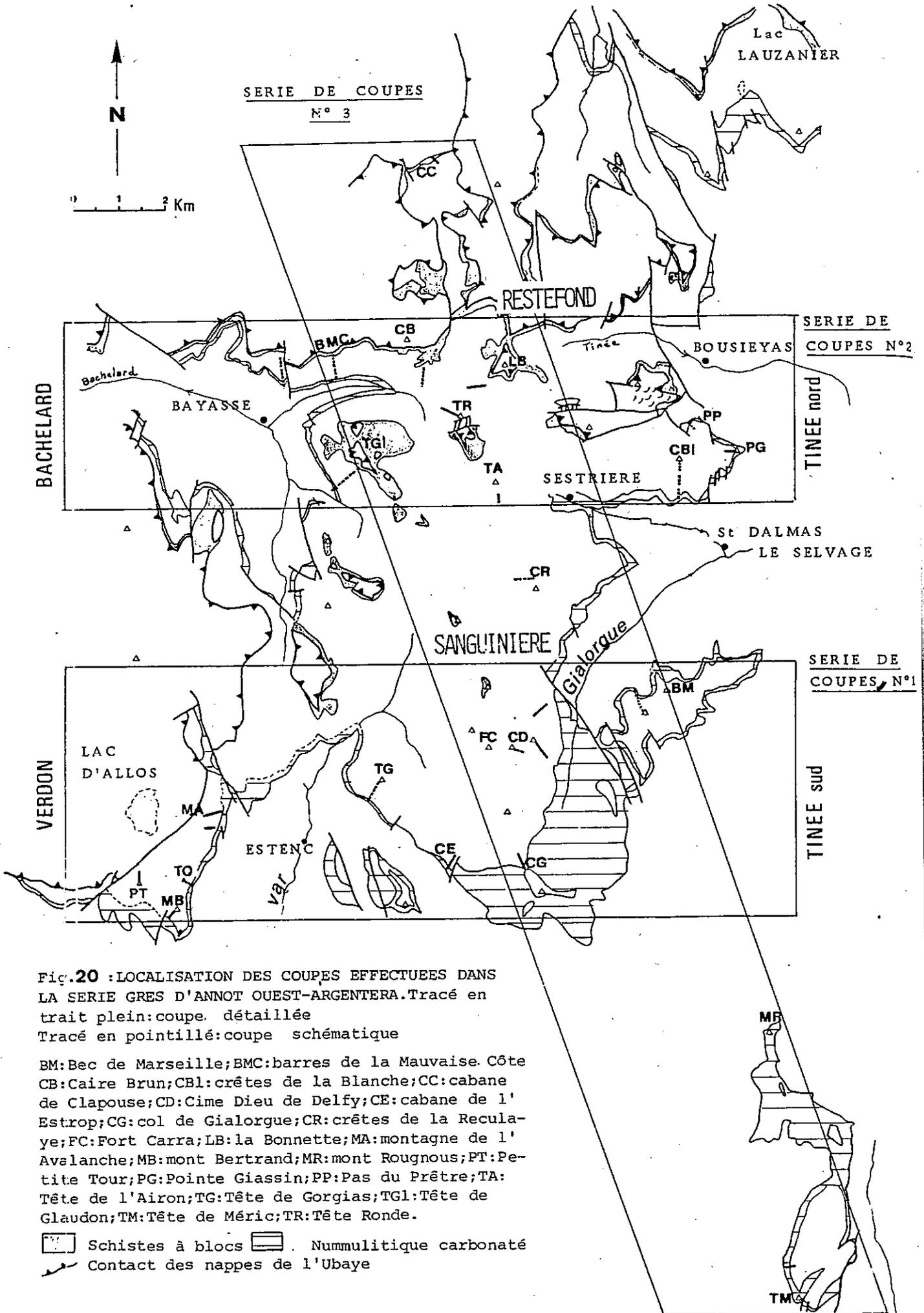


Fig.20 : LOCALISATION DES COUPES EFFECTUEES DANS LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA. Tracé en trait plein: coupe. détaillée
Tracé en pointillé: coupe schématisée

BM: Bec de Marseille; BMC: barres de la Mauvaise. Côte
CB: Caire Brun; CBI: crêtes de la Blanche; CC: cabane de Clapouse; CD: Cime Dieu de Delfy; CE: cabane de l'Estrop; CG: col de Gialorgue; CR: crêtes de la Reculaye; FC: Fort Carra; LB: la Bonnette; MA: montagne de l'Avalanche; MB: mont Bertrand; MR: mont Rougnous; PT: Petite Tour; PG: Pointe Giassin; PP: Pas du Prêtre; TA: Tête de l'Airon; TG: Tête de Gorgias; TGI: Tête de Glaudon; TM: Tête de Méric; TR: Tête Ronde.

☐ Schistes à blocs ☐ Nummulitique carbonaté
— Contact des nappes de l'Ubaye

Trois séries de coupes, détaillées et schématiques ont été effectuées à l'Ouest du massif de l'Argentera (fig. 20) :

- 1- Entre Verdon et Tinée : massif de Sanguinière s.l. ;
- 2- entre Tinée et Bachelard : massif de Restefond ;
- 3- de la Tête de Méric (affleurement de Nummulitique isolé au Sud du massif de Sanguinière) jusqu'au Nord du massif du Restefond.

Les coupes détaillées sont reproduites sur la planche de coupes hors-texte.

I - ENTRE VERDON ET TINÉE - LES AFFLEUREMENTS DU MASSIF DE SANGUINIÈRE S.L. - COUPE W E DANS LA PARTIE SUD DU BASSIN DES GRÈS D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

Plus précisément, nous étudierons :

- Entre Verdon et Var : les affleurements de Grès d'Annot du lac d'Allos ;
- entre la vallée du Var et le vallon de Gialorgue : les affleurements de la partie sud du massif de Sanguinière s.s. ;
- entre le vallon de Gialorgue et la Tinée : les affleurements du Bec de Marseille.

A - LE SECTEUR DU LAC D'ALLOS

Il comporte deux "branches" d'affleurements : les Tours du lac (branche EW), le Mont Bertrand et la Montagne de l'Avalanche (branche SN).

1) Les Tours du lac d'Allos - Coupe de la Petite Tour

Cette coupe permet de décrire brièvement les principaux faciès turbiditiques constitutifs de la série Grès d'Annot à l'Ouest de l'Argentera (fig. 21).

Le faciès grésopélimitique (constitutif des vires)

C'est une succession de turbidites fines, tronquées à la base : termes Tbe, Tce de BOUMA. La partie inférieure de la turbidite est indurée et forme un petit banc de grès très fin ou de silt jaunâtre à laminites et/ou convolutes. La partie supérieure est constituée par des pélites brunes.

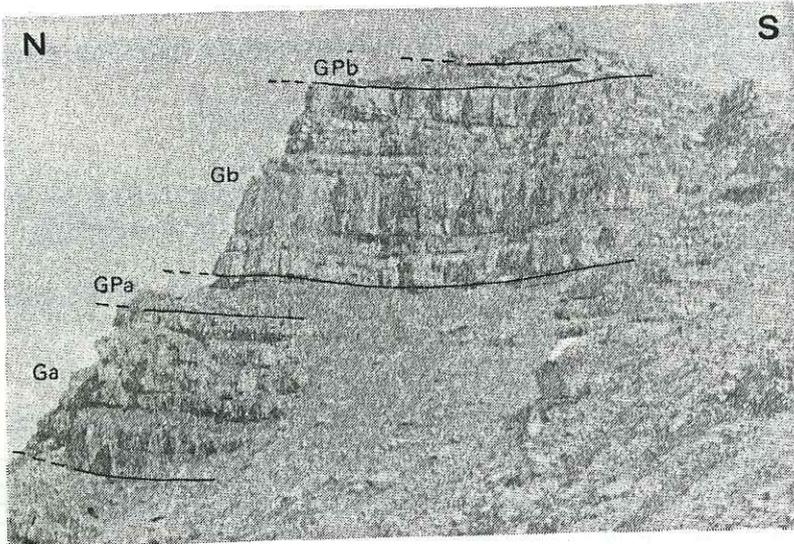
Les faciès gréseux (constitutifs des entablements rocheux)

En adoptant les vues de RAVENNE et CREMER (1981), on peut distinguer, très schématiquement, deux faciès gréseux principaux :

- Les bancs de grès homogène

Ce sont généralement des bancs à épontes planes, d'épaisseur moyenne (décimétriques à métriques). Ils sont constitués de grès homogène ou faiblement granoclassé de granulométrie fine à grossière. Les seules structures internes rencontrées assez fréquemment dans ce faciès sont des figures d'échappement d'eau ("Dishes")* très aplaties.

* "Dish(es)" : figure(s) en soucoupe(s) liée(s) à la fuite d'eau en surpression pendant les phases finales du transport ou au début de la sédimentation turbiditique.



LA PETITE TOUR
DU LAC D'ALLOS
vue du col des Tours

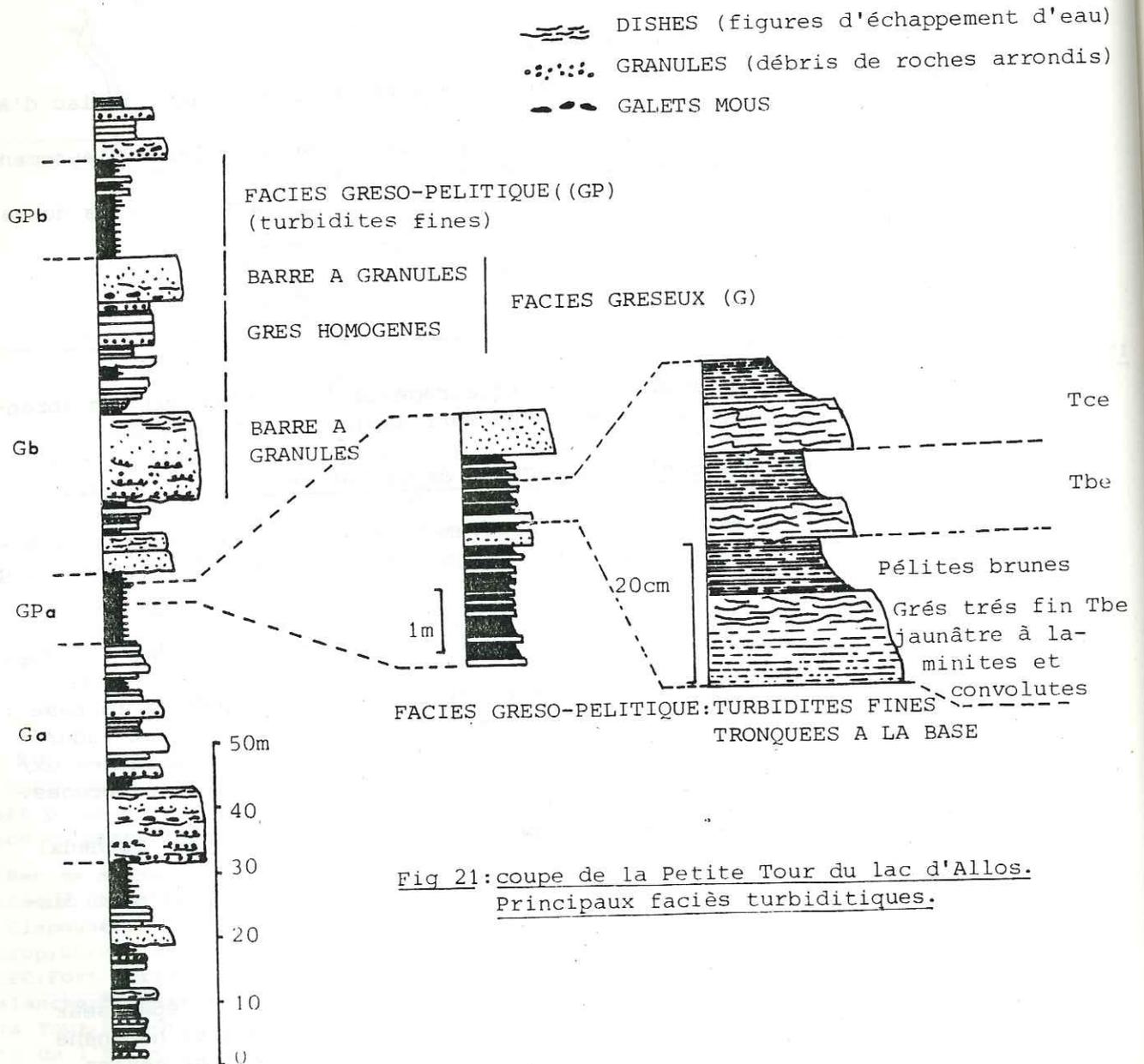
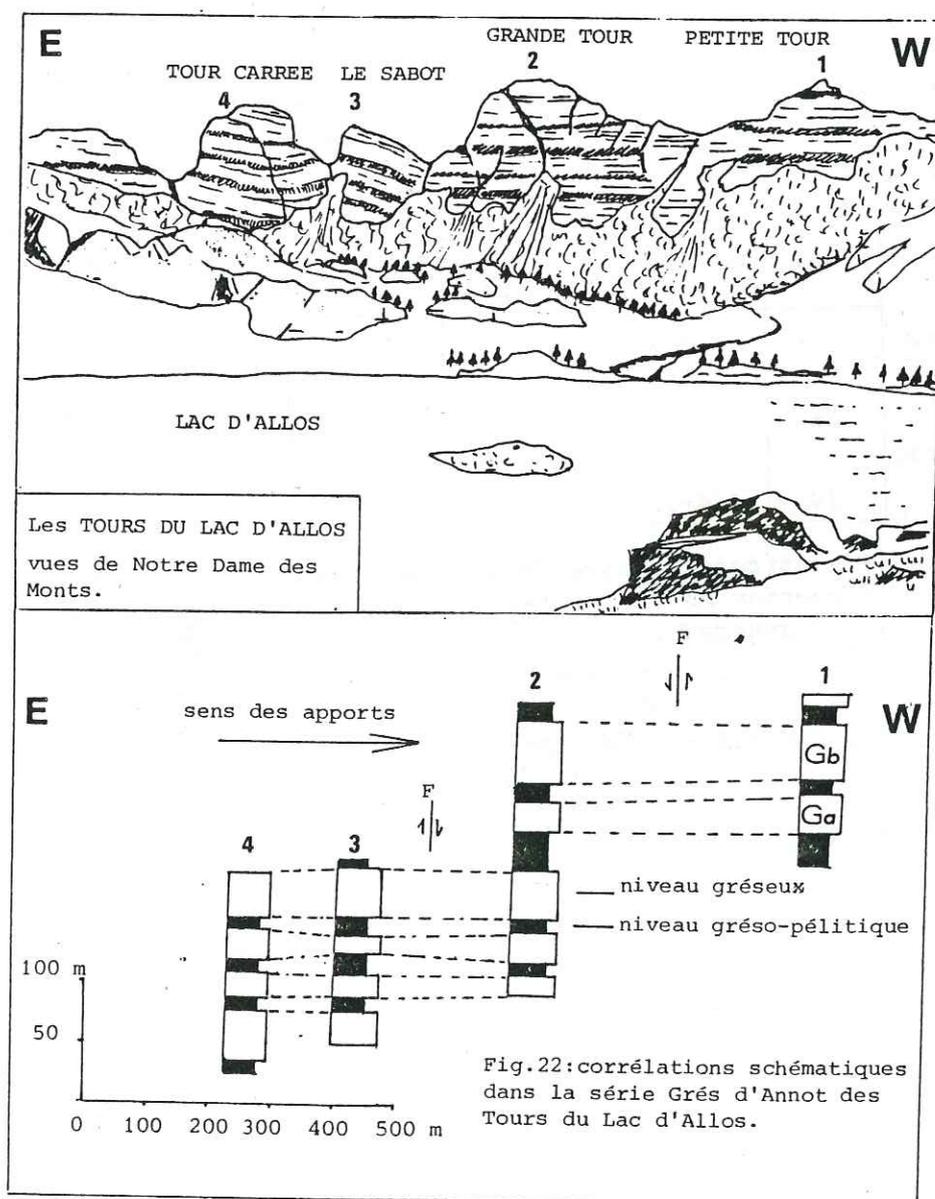


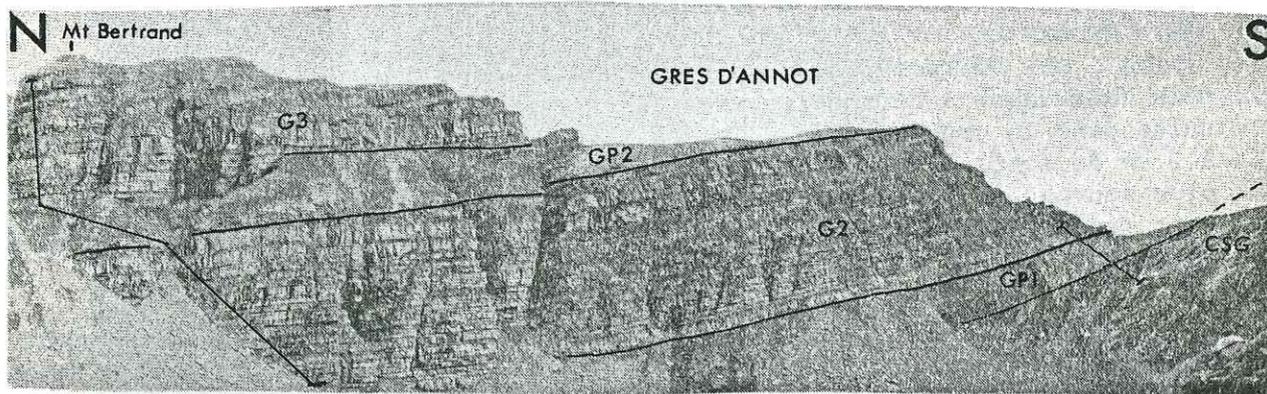
Fig 21: coupe de la Petite Tour du lac d'Allos.
Principaux faciès turbiditiques.

- Les barres à granules ou grès hétérogène

Ce faciès se développe généralement dans les bancs les plus épais (métriques à décamétriques). Il est caractérisé par l'occurrence de granules dans le grès homogène. Ce sont des débris plus ou moins arrondis (0,5 à 2 cm de long) de quartz et de roches endogènes variées qui apparaissent le plus souvent en passées irrégulières dans la partie inférieure du banc et sont fréquemment associées à des galets mous. Des "dishes" très molles se développent vers le sommet du banc.

A plus grande échelle, les niveaux gréseux, constitués généralement par l'association grès homogènes-barres à granules se corrént parfaitement d'une tour à l'autre, avec de légères variations d'épaisseur. Ces corps gréseux ont donc une extension latérale au moins kilométrique, leur épaisseur étant de l'ordre de quelques dizaines de mètres (fig. 22).





Localisation des coupes effectuées dans la série Grès d'Annot du Mont-Bertrand. La coupe sud, détaillée est représentée ci-contre, la coupe nord est représentée sur la planche de coupes hors-texte.

A/PELITES BRUNES: les Calcschistes à Globigérines (CSG), gris-argentés prennent une teinte brune par enrichissement en phyllosilicates.

	%	QUARTZ	FELDSPATHS FK+FCa.Na	PHYLLOS. chlorite	CALCITE
GRES D'ANNOT					
Pélites brunes (base)	25	6(5+1)	33	38	
Calcschistes (sommets) CSG	28	4(3+1)	2	66	
Calcschistes	14	4(4+0)	3	79	

Poucentages semi-quantitatifs calculés à partir des diagrammes de diffraction RX sur roches totales. Méthode de calcul cf annexe 2.

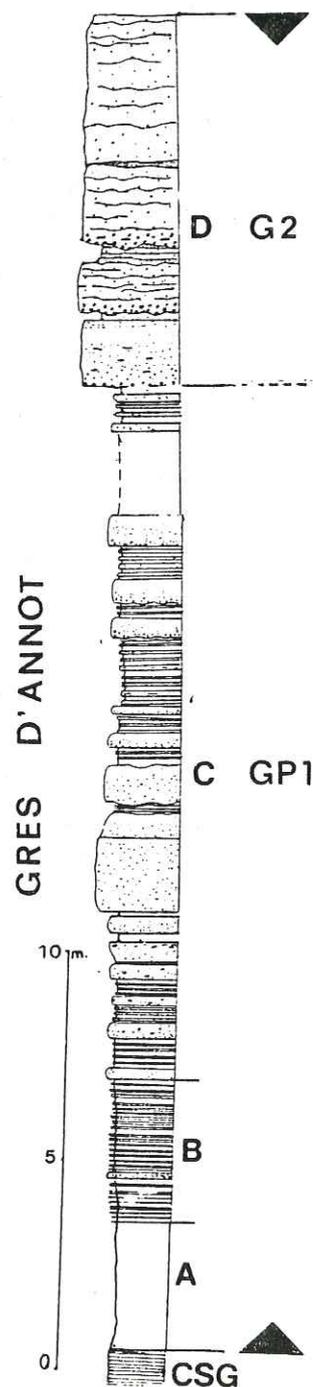
B/TURBIDITES FINES tronquées à la base
Tbe, Tce de BOUMA.

C/TURBIDITES FINES à intercalations de bancs de GRES HOMOGENE.

D/BARRES A GRANULES (base de l'ensemble G2 cf photo.)
Quelques figures de courants (flute-casts et groove-casts) indiquent des apports sableux de l'Est vers l'Ouest.

Fig. 23a: la série Grès d'Annot du Mont-Bertrand. Coupe détaillée de la base de la série.

G = assise gréseuse
GP = niveau grésopélimitique.



Les figures de courant

Bien qu'assez rares, elles indiquent invariablement dans la série des Tours, des apports de l'Est vers l'Ouest. Les plus fréquentes sont des groove-casts et des flute-casts. On peut les observer à la semelle :

- . des bancs de grès homogènes,
- . des barres à granules quand elles ne sont pas déformées par des load-casts,
- . de la partie indurée des turbidites fines.

2) Du Mont Bertrand à la Montagne de l'Avalanche - Etude du contact Calcschistes à Globigérines-Grès d'Annot

- A petite échelle, le passage Calcschistes à Globigérines-Grès d'Annot peut être :

- . progressif, comme à l'extrémité sud du Mont Bertrand (fig.23a),
- . brutal, comme à la base de la Tour Orientale du lac d'Allos, à quelques centaines de mètres au Nord du Mont Bertrand (fig.23b).

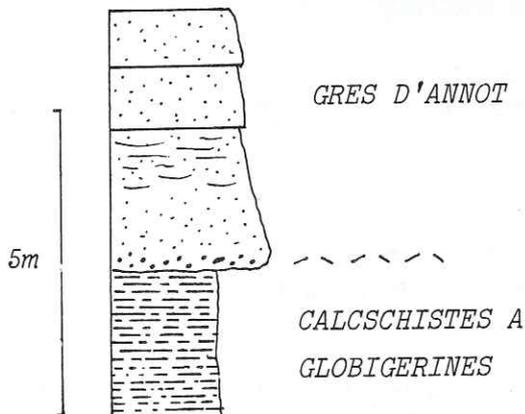


Fig.23b: la base de la série Grès d'Annot de la Tour Orientale du Lac d'Allos. Une barre à granules est superposée aux calcschistes sans érosion visible.

- A grande échelle : géométrie du contact

- . "Onlap"* du Mont Bertrand

Sur le versant Est du Mont Bertrand, on peut observer la terminaison vers le Sud, contre les calcschistes, de petits bancs de grès situés dans la vire de base de la série gréseuse (GP 1). Ces bancs n'existent pas à l'extrémité sud du Mont Bertrand (fig. 24).

Compte tenu du parallélisme des bancs gréseux et des figures de courant E-W (donc perpendiculaires à la direction des terminaisons), relevées dans le versant ouest (coupes Mont Bertrand sud et nord, cf. planche hors texte), on peut interpréter cette structure comme des terminaisons en "onlap".

L'"onlap" du Mont Bertrand est le seul observable sur notre terrain.

* ONLAP : terminaison latérale d'une strate initialement horizontale contre une surface initialement inclinée ou d'une strate initialement inclinée contre une surface initialement beaucoup plus inclinée. Terme généralement employé en sismique.

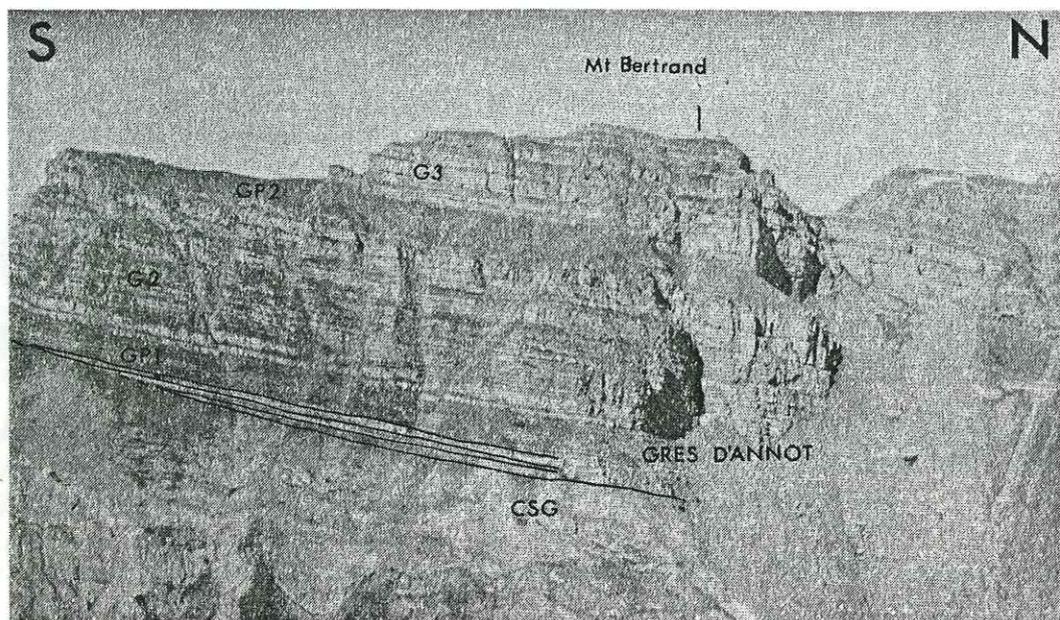


Fig.24: contact en "onlap" des Grès d'Annot sur les Calcschistes à Globigérines. Face Est du Mont-Bertrand (photo RAVENNE I.F.P., vue hélico.)

- . Corrélations Mont Bertrand-Montagne de l'Avalanche (fig. 25 et coupes Mt Bertrand S et N, Montagne de l'Avalanche S et N de la planche hors-texte)

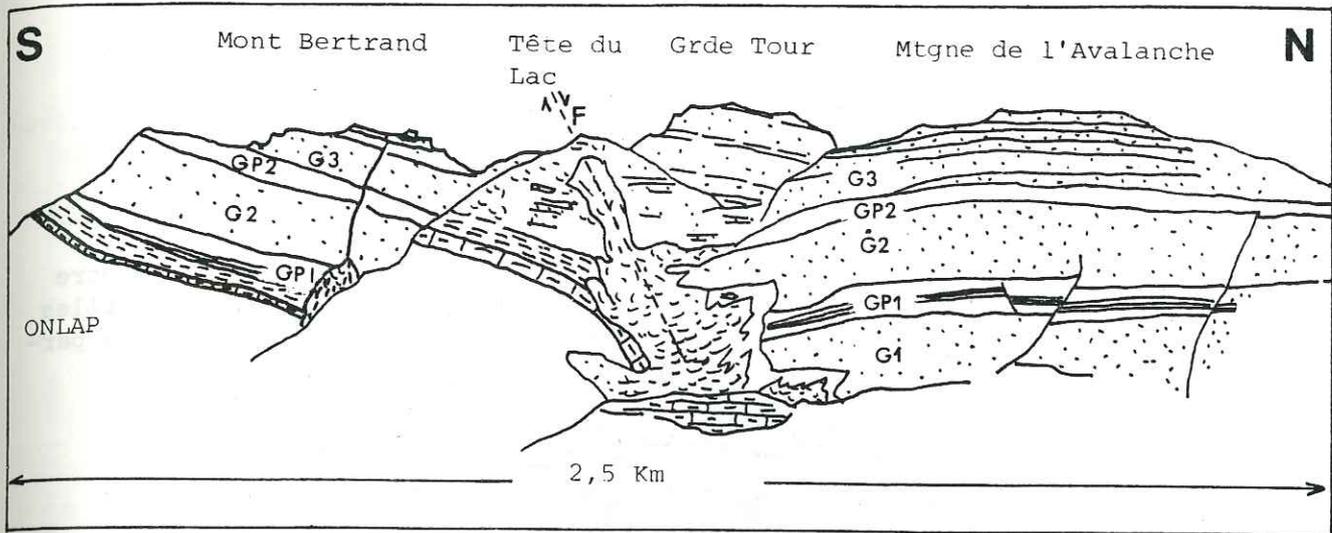
La série gréseuse de la Montagne de l'Avalanche se corrèle parfaitement avec celle du Mont Bertrand de part et d'autre de la Tête du Lac dont le Nummulitique est remonté par une faille.

On y trouve la virole basale du Mont Bertrand (GP 1) avec les bancs centraux qui se terminent en "onlap" plus au Sud, mais sous cette virole, il existe encore 100 mètres de série gréseuse, presque uniquement constituée de barres à granules (G 1). Le contact avec les Calcschistes à Globigérines est masqué.

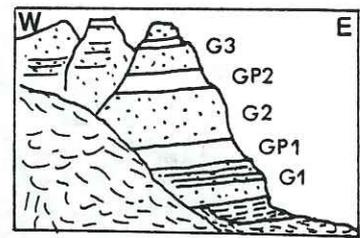
Les figures de courant indiquent des apports de l'Est vers l'Ouest et du S.E. vers le N.W. Dans la falaise sommitale (G 3), apparaît un chenal en coupe perpendiculaire à l'axe, comblé par une épaisse barre à granules. Des chenaux de cette importance sont assez rares dans la série Grès d'Annot Ouest-Argentera. (fig. 25 e).

Des corrélations Mont Bertrand-Montagne de l'Avalanche, on peut déduire que "l'onlap" du Mont Bertrand se prolonge et s'accroît vers le Nord.

Dans la région de Lac d'Allos, il existait donc, au toit des calcschistes à globigérines, une paléopente vers le Nord contre laquelle se sont biseautés les apports sableux venus principalement de l'Est.

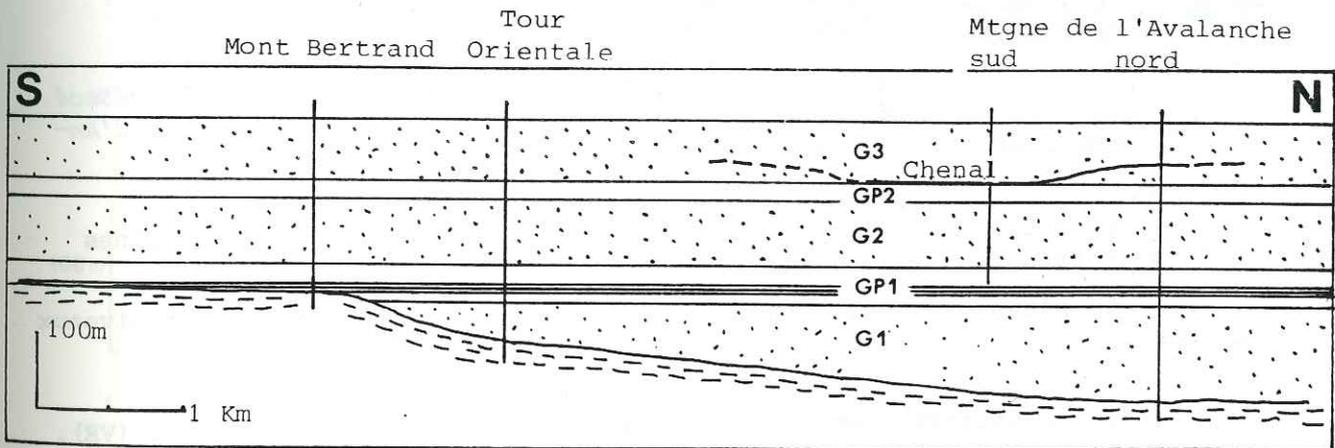


a: le versant oriental du Mont Bertrand et de la Montagne de l'Avalanche vu du plateau du Lausson.



La Tour Orientale vue du →
Mont Bertrand (entre la Grande Tour et la Tête du Lac)

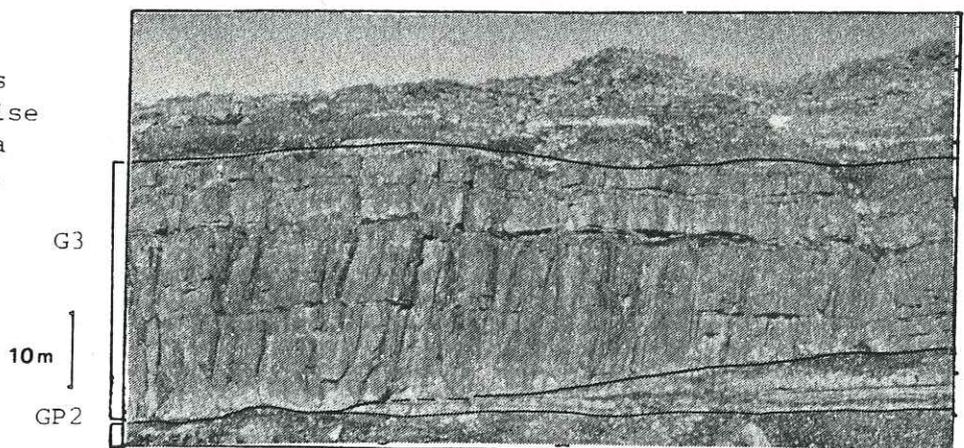
- Grès d'Annot
- G: niveau gréseux
- GP: niveau grésopélitique (vire)
- Calcschistes à Globigérines
- Calcaire nummulitique



b: schéma interprétatif (pente réelle: quelques degrés)

c: barre à granules chenalisé dans la falaise gréseuse sommitale de la Montagne de l'Avalanche.

Fig. 25: la série Grès d'Annot du Mont-Bertrand à la Montagne de l'Avalanche.



B - LES AFFLEUREMENTS DU MASSIF DE SANGUINIÈRE

1) La tête de Gorgias

Elle est située à l'Ouest de la Montagne de l'Avalanche, de l'autre côté de la vallée du Var dans laquelle passe un important réseau de failles majeures. Je n'y ai pas effectué de coupe détaillée. Mais, la figure 26 permet de faire un certain nombre d'observations.

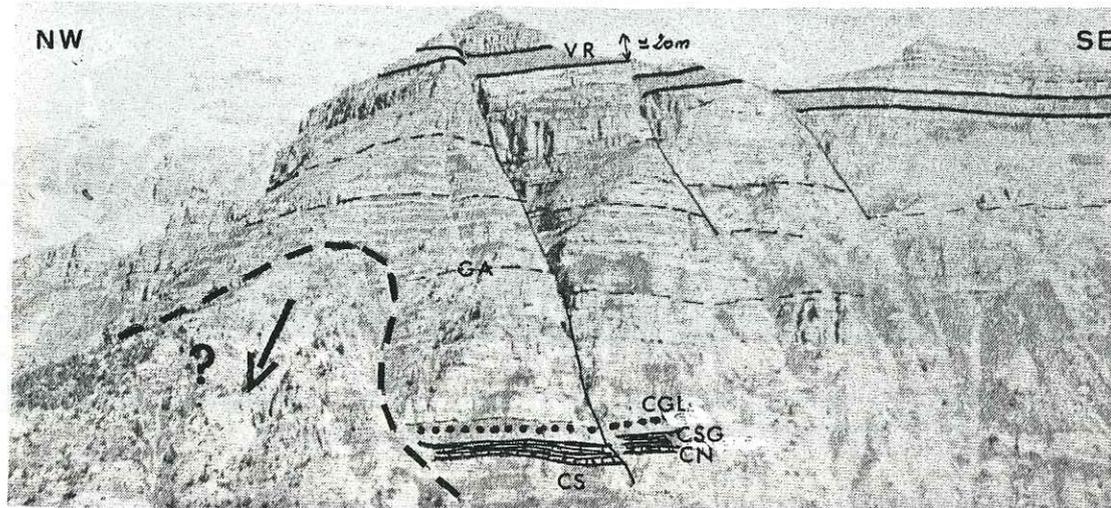
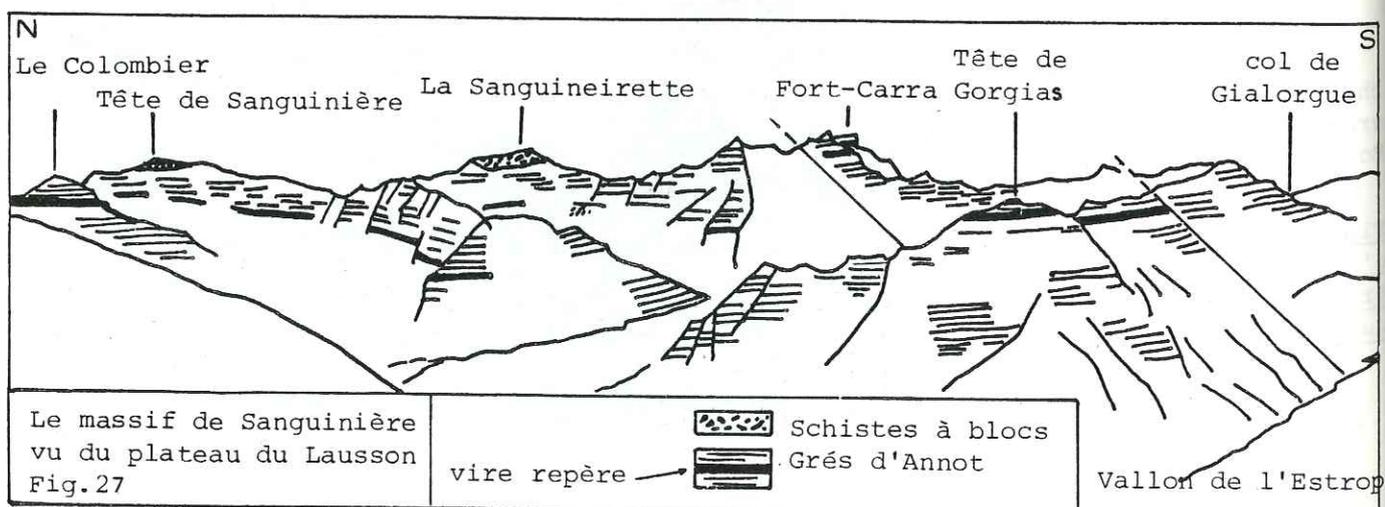


Fig. 26: la Tête de Gorgias vue du plateau du Lausson. CS/Calcaires du Crétacé sup., CN/Calcaire nummulitique, CSG/Calcschistes à Globigérines, GA/Grès d'Annot, CGL/conglomérat-repère, VR/vire-repère.

- Le calcaire nummulitique (CN) et les Calcschistes à Globigérines (CSG) sont très peu épais (15 m).

- La série gréseuse (400 m d'épaisseur environ) comporte deux niveaux repères :

- . vers la base : un niveau brunâtre de conglomérat (Cgl) ;
- . vers le sommet : une vire gréso-pélitique très marquée (VR), que l'on peut suivre, décalée par des failles sur la quasi totalité du massif de Sanguinière. Elle disparaît au Nord du Colombier et de la Tête de Sanguinière (fig. 27). Cette vire pourrait correspondre à la vire supérieure (GP2) du Mont Bertrand-Montagne de l'Avalanche (fig. 25).



- Deux chapeaux de Schistes à blocs apparaissent aux toits des grès à la Tête de Sanguinière et à la Sanguineirette. Ils sont situés à quelques centaines de mètres au-dessus de la vi-re-repère (fig. 27).

2) Coupe de la Cabane de Berger de l'Estrop (planche de coupes hors-texte)

- Le calcaire à Nummulites et les Calcschistes à Globigérines n'ont ici que quelques mètres d'épaisseur.

- La série présente deux niveaux repères de poudingues à matrice grésopélitique brune, séparés par une quarantaine de mètres de bancs gréseux. Ces deux niveaux sont en tous points identiques (moins d'une dizaine de mètres d'épaisseur, non ravinants, riches en galets de roches endogènes diverses).

Le conglomérat inférieur est situé à quelques mètres au-dessus du contact calcschistes/grès. Le conglomérat supérieur est corrélable avec celui de la Tête de Gorgias.

Ceci implique donc un contact en "onlap" vers le SE des grès sur les Calcschistes à Globigérines (fig. 28).

Les figures de courant, relevées dans cette coupe, indiquent des apports du SE/SSE vers le NW/NNW.

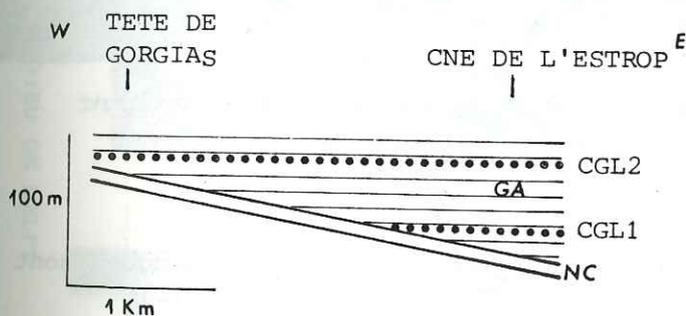


Fig. 28: coupe schématique W-E dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera, de la Tête de Gorgias à la Cne de l'Estrop

NC: Nummulitique carbonaté
GA: Grès d'Annot
CGL1, CGL2: conglomérats-repères

3) Coupe de col de Gialorgue (planche de coupes hors-texte)

Cette coupe présente 2 différences majeures avec celle de l'Estrop.

- Les Calcschistes à Globigérines ont au moins 150 mètres d'épaisseur. Ils affleurent largement dans tout le vallon de Gialorgue au NE du col. Au Bollofré, en rive droite de ce vallon, ils atteignent 200 mètres d'épaisseur.

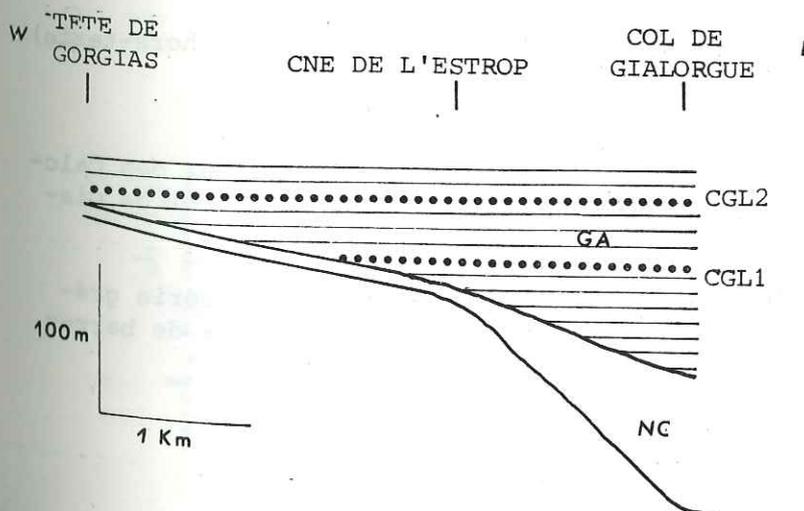


Fig. 29: coupe schématique W-E dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera, de la Tête de Gorgias au col de Gialorgue.

- Sous le premier niveau conglomératique, l'épaisseur de la série gréseuse a considérablement augmenté : 70 mètres contre 10 mètres à l'Estrop. L'"onlap" se prolonge donc vers l'Est (fig. 29).

4) Coupe sud de la Cime Dieu de Delfy (planche de coupes hors-texte)

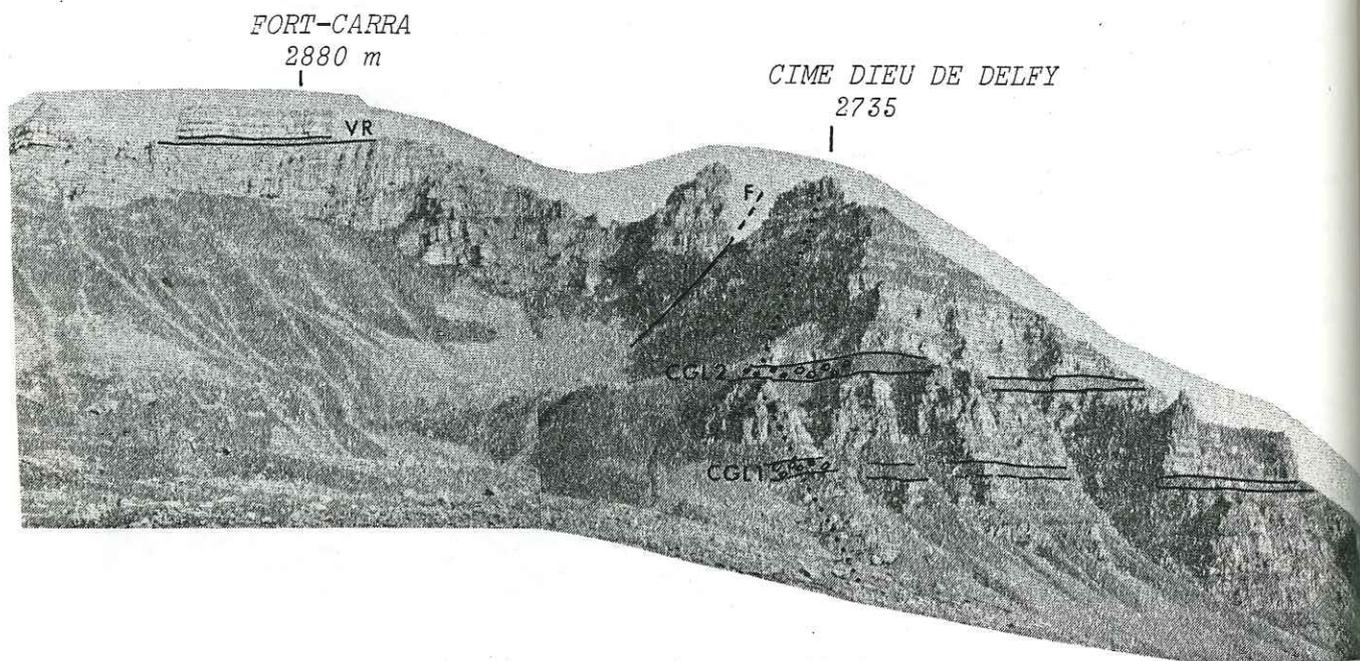


Fig. 30: la série Grès d'Annot de la Cime Dieu de Delfy et du Fort-Carra vue du refuge C.A.F. de Gialorgue.

CGL1, CGL2 : conglomérats-repères ; VR = vire-repère .
En pointillés : tracé de la coupe.

La base de la série est masquée. Les deux niveaux de poudingues sont séparés par une cinquantaine de mètres de bancs gréseux (fig. 30).

La partie supérieure de la coupe est particulièrement riche en turbidites fines et les niveaux gréseux, peu épais sont essentiellement formés par des bancs de grès homogène (fig. 31). A leurs bases, de nombreuses figures de courant indiquent des apports du SE vers le NW.

Plus à l'Ouest, on retrouve la vire-repère dans la série du Fort-Carra (fig. 30).

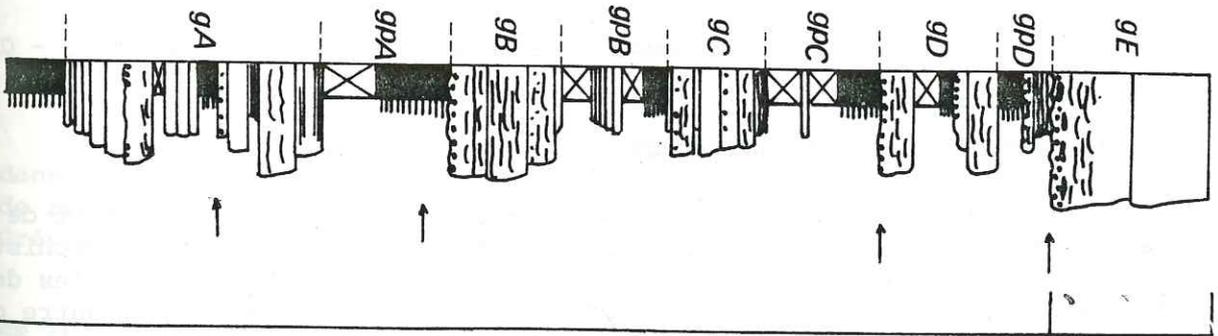
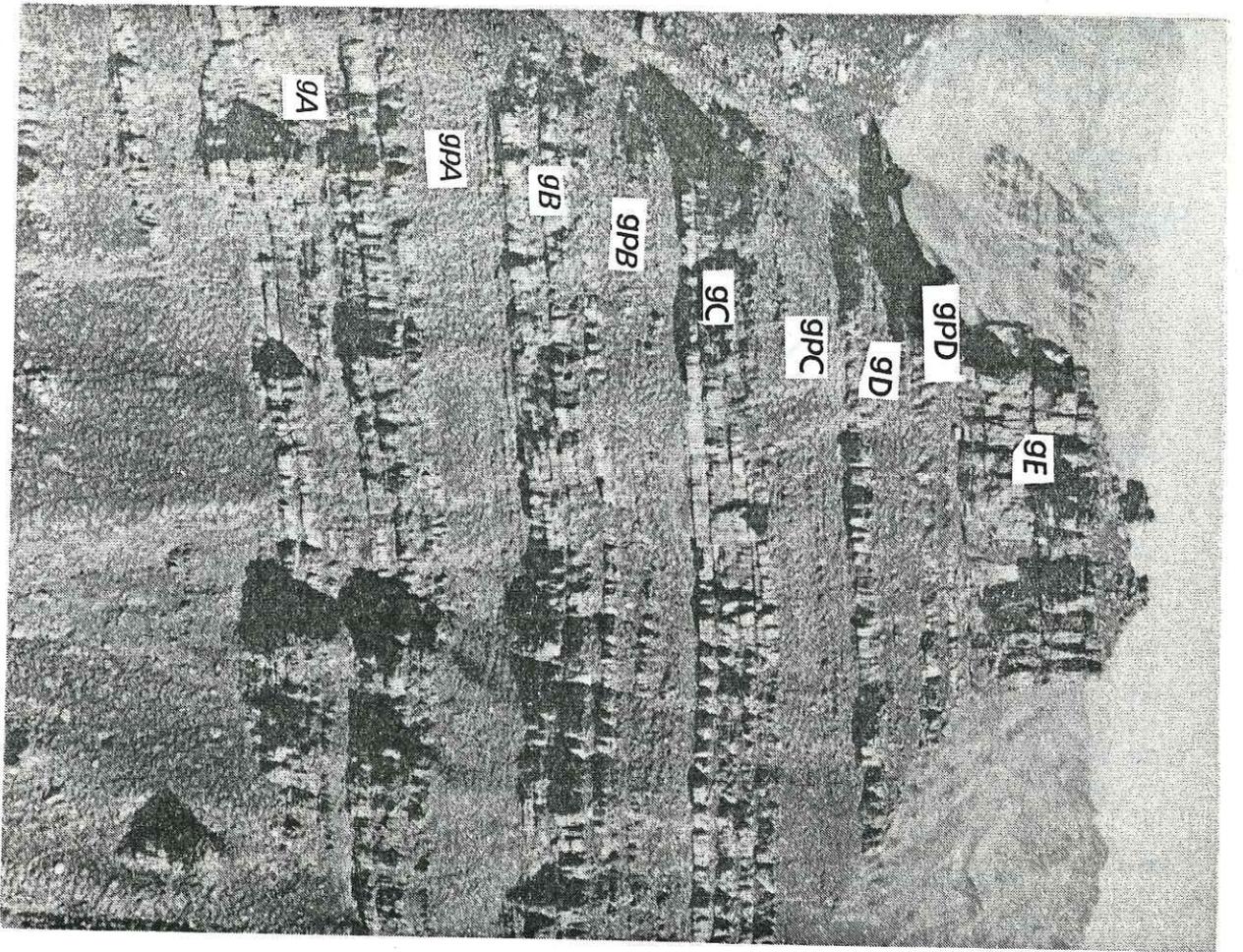
5) Coupe nord de la Cime Dieu de Delfy (planche de coupes hors-texte)

Cette coupe complète la précédente vers la base.

- Le contact calcschistes/grès est masqué, mais l'épaisseur des Calcschistes à Globigérines est probablement moins importante qu'au col de Gialorgue.

- Sous le conglomérat inférieur, on trouve 200 mètres de série gréseuse*. Les 100 premiers mètres sont presque uniquement constitués de barres à granules.

*(fig. 32)



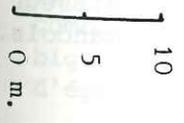
Barres à granules

Alternances décimétriques :

- de turbidites fines tronquées à la base (faciès grésopélimitique)
- de niveaux gréseux riches en bancs de grés homogènes

A noter : l'abondance de DISHES très "molles" dans les bancs gréseux

↔ : nombreuses figures de paléocourants à la semelle des bancs :
flute-casts et groove-casts)



légende des Figures
cf. p. 40

Fig.31 : coupe détaillée de la partie supérieure de la CIME DIEU DE DELFY (photo RAVENNE I.F.P. vue hélico.)

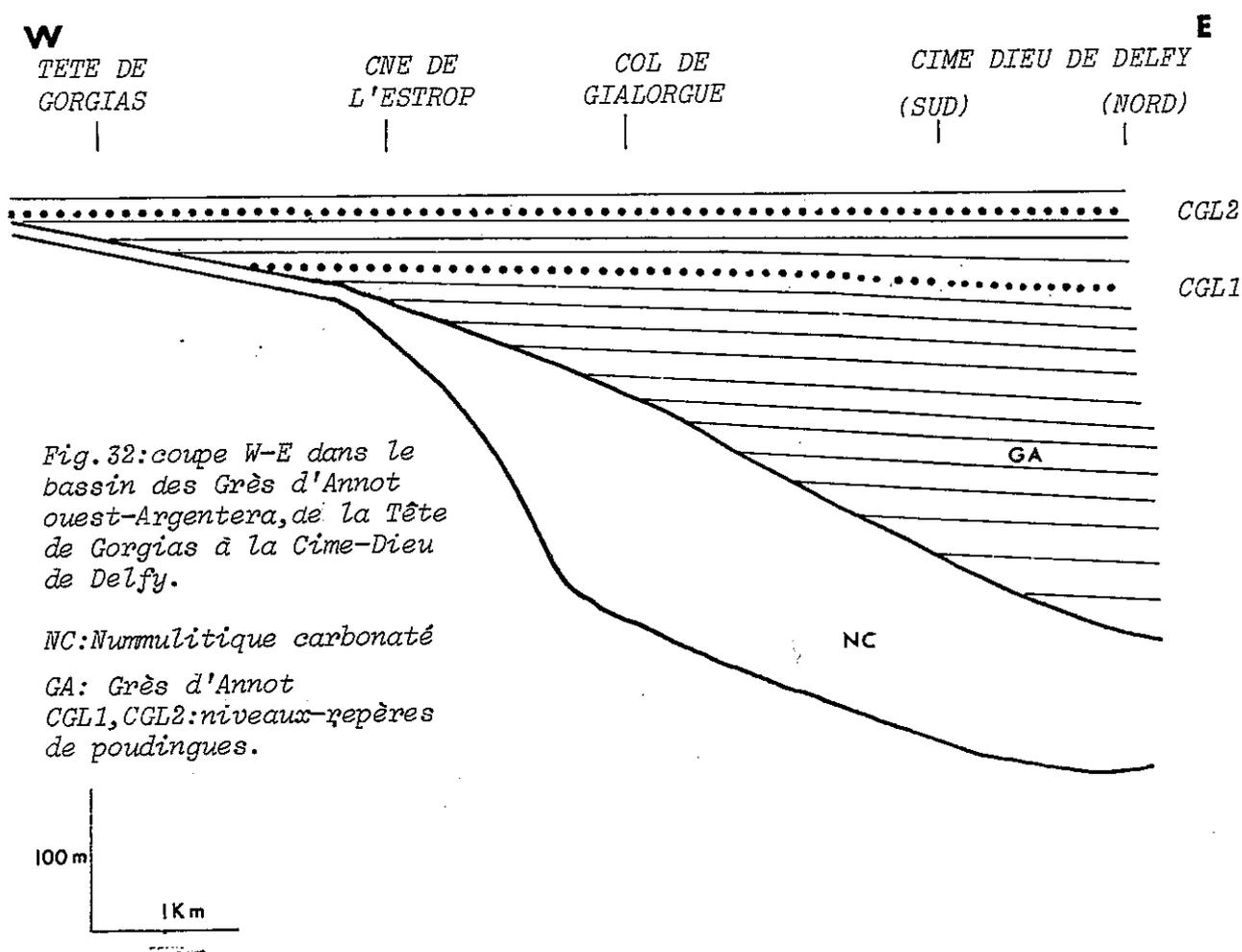


Fig. 32: coupe W-E dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera, de la Tête de Gorgias à la Cime-Dieu de Delfy.

NC: Nummulitique carbonaté

GA: Grès d'Annot

CGL1, CGL2: niveaux-repères de poudingues.

C - LE MASSIF DU BEC DE MARSEILLE

Cet affleurement de Grès d'Annot est séparé de celui du massif de Sanguinière par le haut-vallon de Gialorgue, entaillé dans les Calcschistes à Globigérines. Il est surélevé par le jeu de deux failles parallèles de direction SSE-NNW (failles du col des Trois-Hommes). De part et d'autre de ces failles, les calcschistes présentent une brutale variation d'épaisseur déjà observée par FAURE-MURET (1955, p. 291) depuis le vallon de Demandols.

- 150 mètres dans le vallon de Gialorgue ;
- 70 mètres dans le massif du Bec de Marseille.

La série gréseuse comporte un seul niveau de poudingue, situé à environ 50 mètres du toit des calcschistes (fig. 33). Ce niveau est très peu épais (1,50 mètre maximum) et lenticulaire. La matrice est moins argileuse et plus indurée que dans les conglomérats du massif de Sanguinière. Les galets sont plus petits, mais présentent les mêmes types pétrographiques.

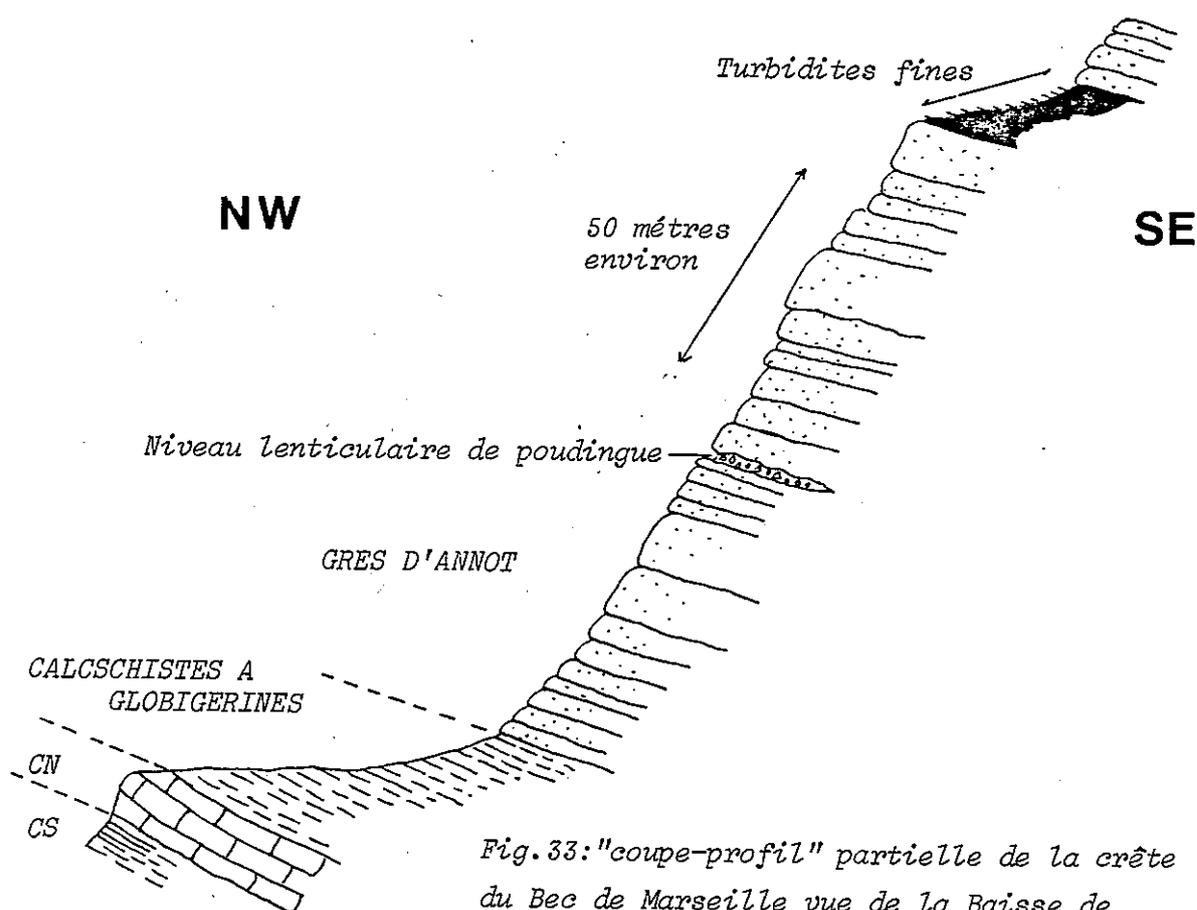


Fig. 33: "coupe-profil" partielle de la crête du Bec de Marseille vue de la Baisse de Pierre-Châtel. CN: calcaire nummulitique CS: calcschistes du Campanien.

D - CONCLUSION A L'ETUDE DU MASSIF DE SANGUINIÈRE s.l.

La corrélation des coupes effectuées du Verdon jusqu'à la Tinée, dans la série nummulitique du massif de Sanguinière s.l. (fig. 34) permet de reconstituer une section schématique EW dans la partie sud du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera (fig. 35).

Il apparaît que les turbidites sableuses (Grès d'Annot), issues du SE et du SSE (de l'Est dans la série des Tours du Lac d'Allos) sont venues combler une paléotopographie pré-structurée au toit des Calcschistes à Globigérines. Cette dernière formation présente en effet de fortes variations d'épaisseur dans tout le massif de Sanguinière s.l.

Il existe toutefois deux zones où les corrélations entre les coupes sont hypothétiques (fig. 36) :

- de part et d'autre de la vallée du Var

Il n'est pas certain que la vire supérieure du Mont Bertrand et de la Montagne de l'Avalanche (secteur Lac d'Allos) soit l'équivalent latéral de la vire-repère du massif de Sanguinière s.s. La différence d'épaisseur des calcschistes dans ces deux secteurs pourrait résulter d'un rapprochement tectonique tardif lié à un jeu coulissant des failles de la vallée du Var.

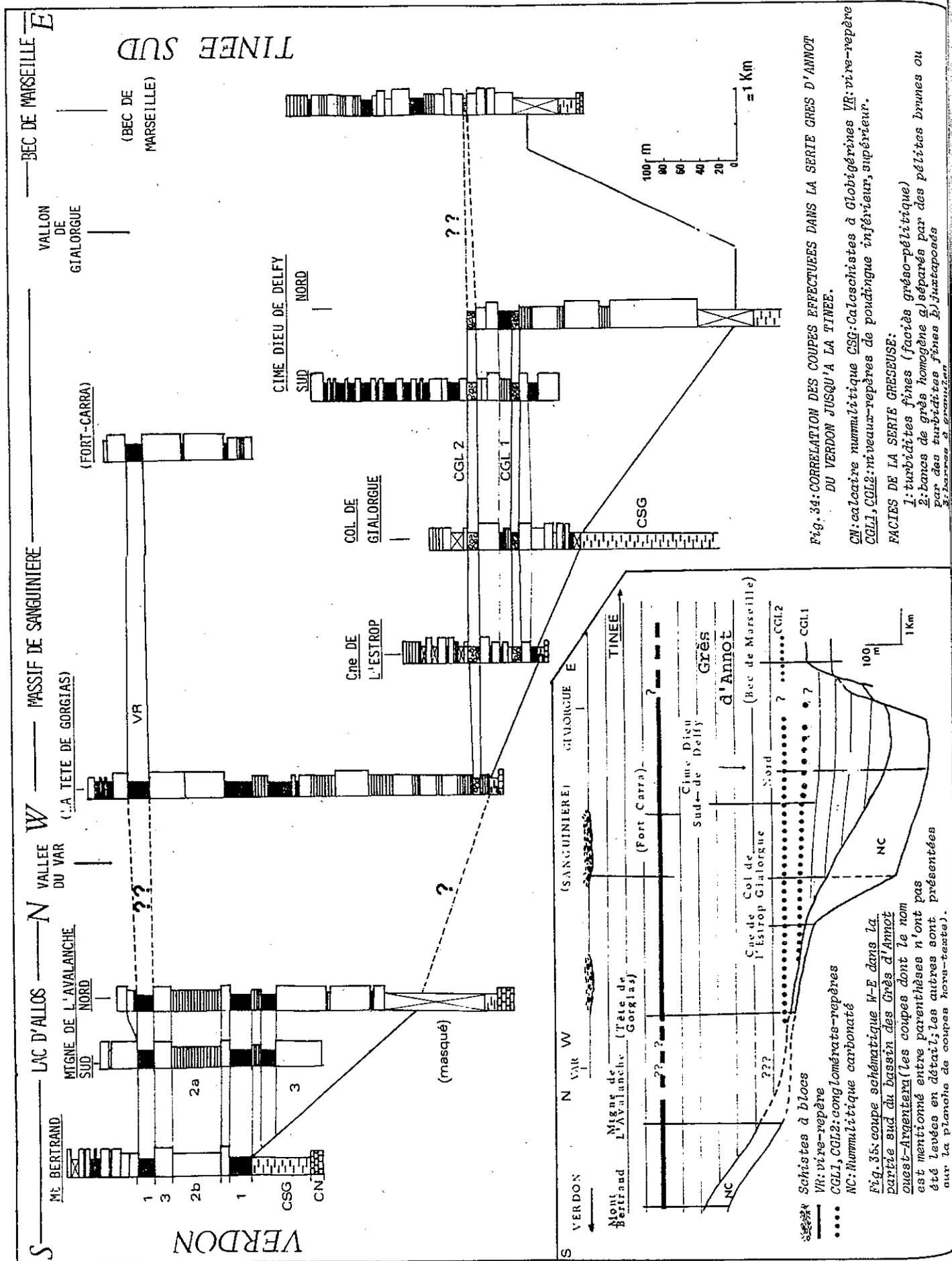


Fig. 34: CORRELATION DES COUPES EFFECTUEES DANS LA SERIE GRÈS D'ANNOT DU VERDON JUSQU'À LA TINÉE.

CN: calcaire nummulitique CSG: Calcaires à Globigérines VR: vires-repère
 CGL1, CGL2: miveaux-repères de poudingue inférieur, supérieur.

FACIES DE LA SERIE GRESEUSE:
 1: turbidites fines (faciès grésopéltitique)
 2: bancs de grès homogène a) séparés par des péltites brunes ou
 par des turbidites fines b) juxtaposés
 3: bancs à granules

Fig. 35: coupe schématique W-E dans la partie sud du bassin des Grès d'Annot

est mentionné entre parenthèses n'ont pas été levés en détail; les autres sont présentées sur la planche de coupes hors-texte).

- de part et d'autre du vallon de Gialorgue

Là encore, on pourrait envisager un rapprochement des deux secteurs lié au coulisement des failles du col des Trois Hommes. Une de ces failles est probablement le prolongement de la faille du col de Crous (cf. carte hors-texte) qui a effectivement une composante en coulisement dextre (TEMPIER, 1979).

Cependant, étant donnée la rareté des faciès à poudingue dans la série Grès d'Annot, on peut probablement considérer que le conglomérat du Bec de Marseille est l'équivalent latéral, marqué d'une légère variation de faciès d'un des deux niveaux de poudingue de la série de Sanguinière.

II - ENTRE TINÉE ET BACHELARD - LES AFFLEUREMENTS DU MASSIF DE RESTEFOND - COUPE E-W DANS LA PARTIE NORD DU BASSIN DES GRÈS D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

L'organisation interne de la série gréseuse est globalement identique à celle de la partie plus méridionale du bassin. On ne note pas de tendance générale à l'amincissement des corps gréseux ou à l'augmentation du taux de turbidites fines comme on aurait pu s'y attendre en considérant les directions d'apports depuis le SE et le SSE, indiquées par les figures de courant.

A - SECTEUR EST : BOUSIEYAS-ST DALMAS LE SELVAGE (TINEE)

Dans tout ce secteur, situé immédiatement à l'Ouest de la faille du Camps des Fourches, l'épaisseur du calcaire à Nummulites et des Calcschistes à Globigérines varie entre 15 et 25 mètres.

La série Grès d'Annot comporte un seul niveau de poudingue à matrice grésopéltique, identique aux conglomérats de Sanguinière. Il apparaît dans les premiers mètres de la série à la Pointe-Giassin (fig. 36), à la Crête de la Blanche, au Pas du Prêtre, ...

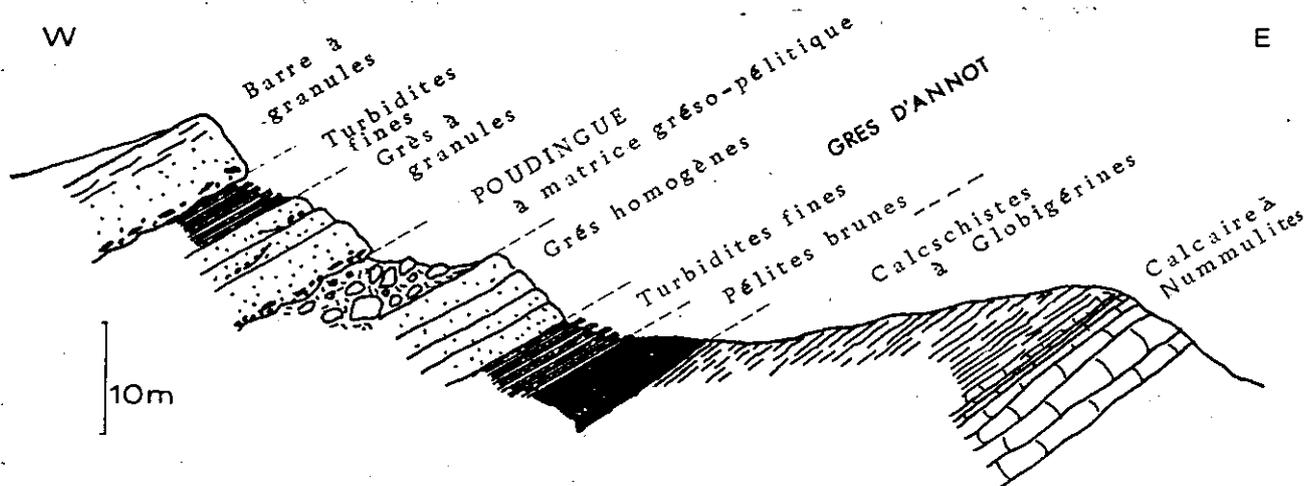
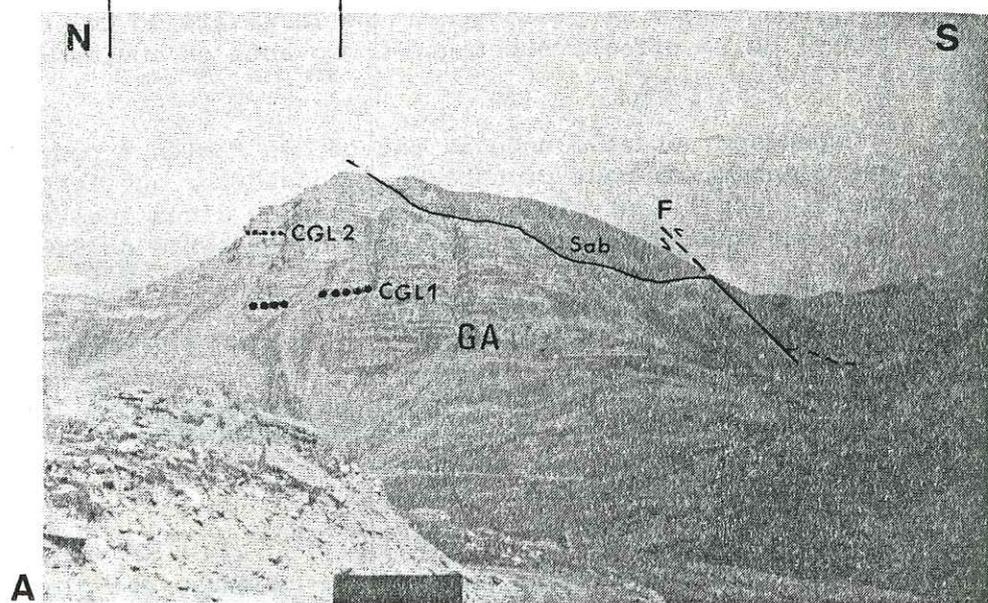


Fig. 36: coupe de la base de la série Grès d'Annot à la Pointe-Giassin

2: bancs de grès homogène a) séparés par des petites brunes ou par des turbidites fines b) juxtaposés

été levées en détail; les autres sont présentées sur la planche de coupes hors-texte).

Tête-ronde (2590 m)
Col de la Moutière



La Bonnette
(2860 m)

Pt côté
2546 m

Col de la
Moutière
(2454 m)

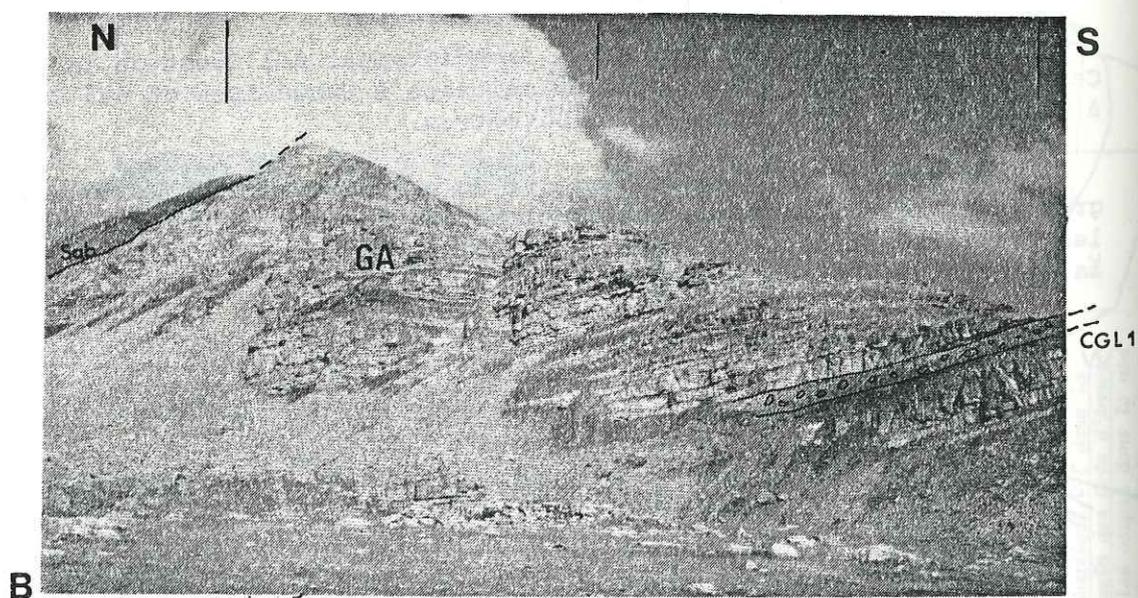


Fig. 37: ravinements au contact Grès d'Annot-Schistes à blocs A/ à Tête-ronde B/ à la Bonnette. GA: Grès d'Annot; CGL1, CGL2: niveaux-repères de poudingues; Sab: Schistes à blocs.

A la Crête de la Blanche, on a trouvé un petit placage de Schistes à blocs au toit des grès, soit à environ 400 mètres au-dessus du conglomérat.

A environ 3 km plus à l'Ouest, le conglomérat est subaffleurant au-dessus du refuge de Sestrière. L'épaisseur de série gréseuse sous ce niveau peut être estimée à une cinquantaine de mètres.

B - SECTEUR CENTRAL : LES AFFLEUREMENTS DU COL DE LA MOUTIERE

1) Coupe de la Tête-Ronde (planche de coupes hors-texte et fig.37a)

- La base de la série est masquée par des éboulis.

- On retrouve les deux niveaux de poudingues de la série du massif de Sanguinière s.s.

- Cependant, ils sont séparés par environ 100 mètres de série gréseuse (50 mètres au Sud du terrain) et le conglomérat supérieur est peu épais (1,50 m). Sa matrice est plus gréseuse et les galets sont plus petits. Il est très comparable au niveau conglomératique "isolé" du massif du Bec de Marseille.

- Les Schistes à blocs ravinent les Grès d'Annot au Sud de la coupe. Ils sont situés à environ 100 mètres au-dessus du conglomérat supérieur, soit beaucoup plus bas dans la série gréseuse que dans le massif de Sanguinière, au Sud ou même qu'à la Crête de la Blanche à l'Est.

2) Coupe partielle de la Cime de la Bonnette (planche de coupes hors-texte et fig. 37 b)

- Le niveau de poudingue inférieur affleure largement au col de la Moutière. Le niveau supérieur a disparu, il est donc lenticulaire.

- Les Schistes à blocs arrivent assez hauts dans la série, au Nord de la coupe, leur contact avec les grès est également ravinant.

C - SECTEUR OUEST : LE VALLON DE LA MOUTIERE, BAYASSE (BACHELARD) ET LE VALLON DE SANGUINIÈRE

- En rive droite du vallon de la Moutière, on peut observer les variations d'épaisseur du niveau supérieur de poudingue. Presque partout très réduit (quelques décimètres au Caire-Brun), il retrouve localement une épaisseur décamétrique (dans les barres de la Mauvaise-Côte).

- Au-dessus de Bayasse, le calcaire à Nummulites et les Calcschistes à Globigérines ont une épaisseur réduite (environ 7 mètres), le conglomérat inférieur apparaît à 200 mètres environ au-dessus des calcschistes.

- Au Sud du vallon de la Moutière, dans le vallon de Sanguinière, la série gréseuse comporte un seul niveau de poudingue d'épaisseur décamétrique. Sous la Tête du Glaudon, il est situé à 300 mètres au-dessus de Schistes à Globigérines. Le Nummulitique carbonaté est, là encore, peu épais (15 mètres).

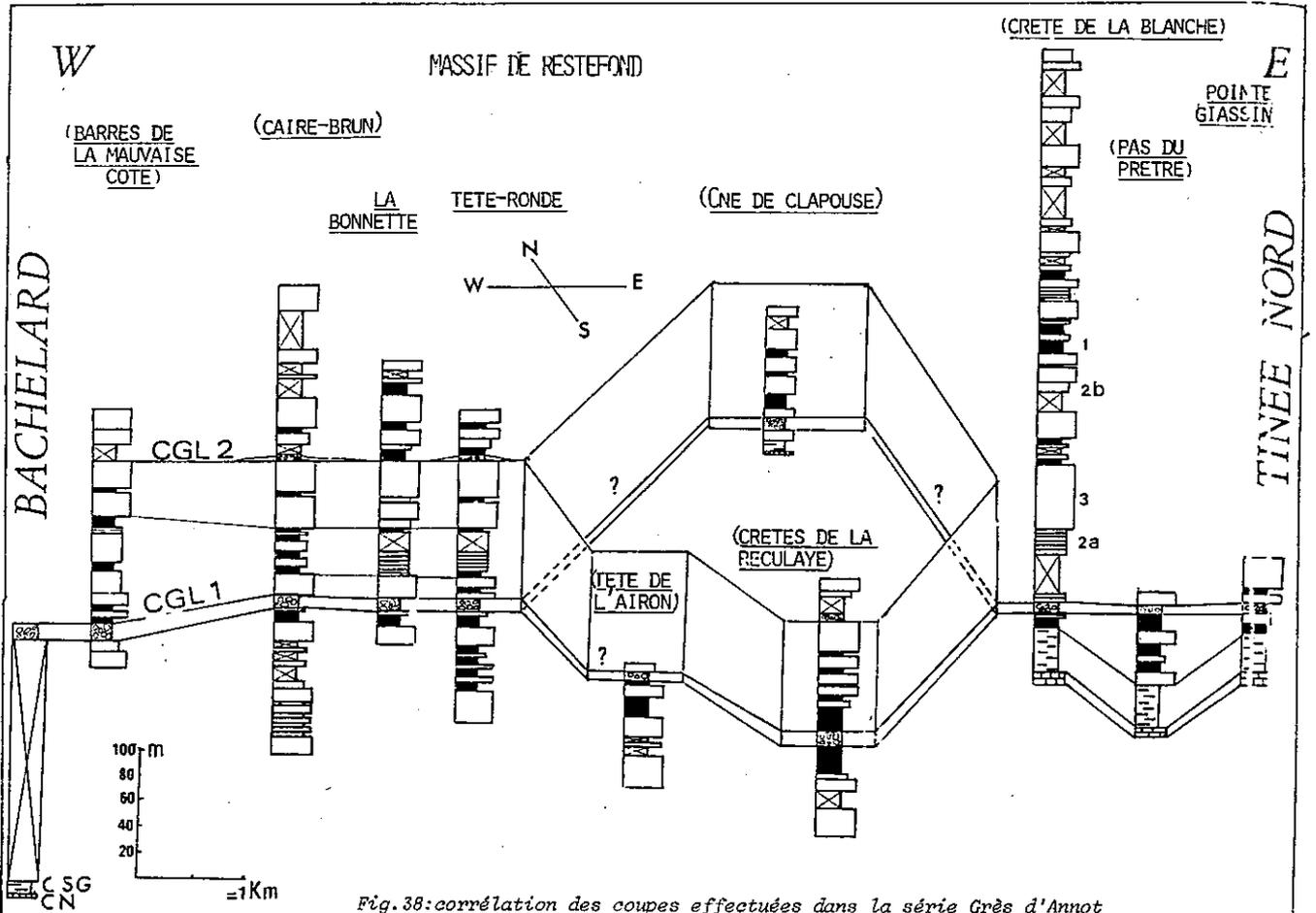


Fig. 38: corrélation des coupes effectuées dans la série Grès d'Annot du massif de Restefond, de la Tinée jusqu'au Bachelard.
 CN: calcaire à Nummulites; CSG: Calcschistes à Globigérines
 CGL1, CGL2: niveaux de poudingues de la série gréseuse
 FACIES DE LA SERIE GRES D'ANNOT (1, 2a, 2b, 3) cf figure 34'

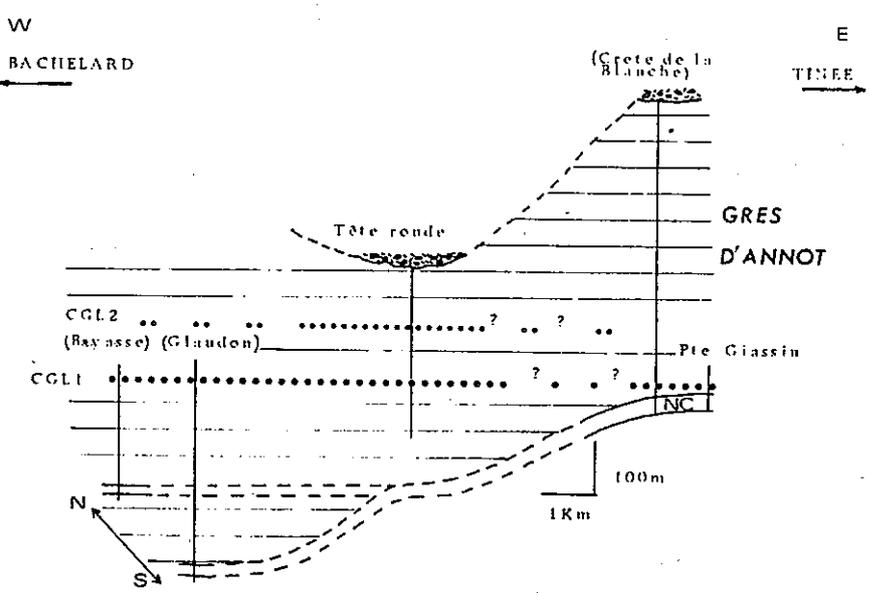


Fig. 39: coupe schématique W-E dans la partie nord du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera
 Schistes à blocs
 CGL2: conglomérat supérieur lenticulaire.
 CGL1: conglomérat inférieur épaisseur décamétrique.
 NC: Nummulitique carbonaté.

N.B.: dans les figures 38 et 39, les coupes dont le nom est mentionné entre parenthèses n'ont pas été levées en détail. Les autres sont représentées sur la planche de coupes hors-texte sauf la coupe de la Pointe-Giassin (cf. figure 36 in texte).

D - CONCLUSION A L'ETUDE DU MASSIF DE RESTEFOND

La corrélation des coupes effectuées de la Tinée jusqu'au Bachelard dans la série nummulitique du massif de Restefond (fig. 38) permet de reconstituer une section schématique EW dans la partie nord du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera (fig. 39).

Les Schistes à Globigérines présentent de moins fortes variations d'épaisseur que dans la partie sud du bassin. A leur toit, une paléopente vers l'Ouest était déjà structurée avant le dépôt des Grès d'Annot.

Les turbidites sableuses issues du SE et du SSE sont venues se "coincer" latéralement contre cette structure.

Les quelques affleurements de Grès d'Annot situés à l'Ouest du Bachelard (Crêtes de la Pierre-Eclatée) ne présentent aucun niveau repère. On ne peut donc pas prolonger la reconstitution du bassin dans cette direction.

Les problèmes de corrélation sont liés à l'existence de zones à un seul niveau de poudingue dans les parties orientales et occidentales du massif du Restefond. Dans le secteur central, le conglomérat supérieur est lenticulaire, on peut donc envisager qu'il disparaisse latéralement vers l'Est et l'Ouest.

Enfin, les Schistes à blocs apparaissent plus ou moins hauts dans la série gréseuse.

III - DU SUD DE SANGUINIÈRE (TÊTE DE MÉRIC) AU NORD DE RESTEFOND (CABANE DE CLAPOUSE) - COUPE SN DANS LE BASSIN DES GRÈS D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

Trois secteurs permettent de compléter les observations précédentes :

A - MONT ROUGNOUS - TÊTE DE MÉRIC

A. FAURE-MURET (1955) a découvert un niveau lenticulaire de poudingue à la base de la série Grès d'Annot du petit affleurement isolé du Mont Rougnous-Tête de Méric (klippe de Sénonien-Tertiaire à environ 10 km au Sud du massif de Sanguinière).

D'après sa description, ce conglomérat aurait un faciès identique à celui du Bec de Marseille.

B - LES CRÊTES DE LA RECLAYE

A la limite des massifs de Sanguinière et de Restefond, la série Grès d'Annot des Crêtes de la Reclaye et du Serre de la Braïssa présentent deux niveaux de poudingues, séparés par environ 80 mètres de série gréseuse (50 mètres à la Cime Dieu de Delfy plus au Sud et 100 mètres à la Tête-Ronde au NW).

C - LES TERRES-PLAINES - LA CABANE DE CLAPOUSE

Au Nord du massif de Restefond, dans la région des Terres-Plaines, le calcaire et les calcschistes priaboniens sont très réduits en épaisseur. En rive droite du torrent de Clapouse en particulier, le calcaire nummulitique est inséré en lames dans les calcschistes (fig. 40).

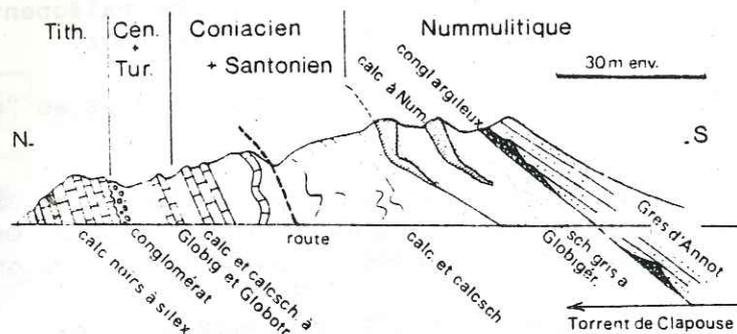


Fig. 40: coupe du verrou du Mélezet.
D'après C. KERCKHOVE
In DEBELMAS (1983).

Un niveau de poudingue à matrice gréso-pélimitique brune apparaît vers la base de la série gréseuse. D'épaisseur décamétrique à la Cabane de Clapouse, en rive gauche du torrent, il est lenticulaire en rive droite où les Grès d'Annot reposent en légère discordance angulaire sur la série carbonatée sous-jacente (fig. 40).

D - CONCLUSION A L'ETUDE DE LA SERIE DE COUPES SN

La corrélation des coupes effectuées de la Tête de Méric jusqu'à la Cabane de Clapouse (fig. 41) permet de reconstituer une section schématique SN dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera (fig. 42). Cette section est légèrement oblique par rapport aux directions des apports gréseux (du SSE vers le NNW).

- Les Calcschistes à Globigérines présentent une épaisseur maximum sur la pente sud du bassin et s'amincissent vers le Nord.

- L'épaisseur de la série gréseuse entre les deux niveaux de poudingues augmente du Sud vers le Nord.

- Les Schistes à blocs, qui apparaissent 400 à 500 mètres au-dessus des conglomérats dans le massif de Sanguinière, sont situés localement beaucoup plus bas dans la série dans le massif de Restefond (coupe de la Tête Ronde).

Des problèmes de corrélations se posent dans deux secteurs :

- Entre l'affleurement isolé du Mont Rougnous-Tête de Méric et le massif de Sanguinière. Etant donnée la rareté des faciès à poudingues dans la série Grès d'Annot ouest-Argentera, on peut envisager que le conglomérat lenticulaire de la Tête de Méric est corrélable avec l'un des deux niveaux-repères du massif de Sanguinière. Sur les figures 42 et 41, je l'ai corrélié arbitrairement avec le conglomérat supérieur.

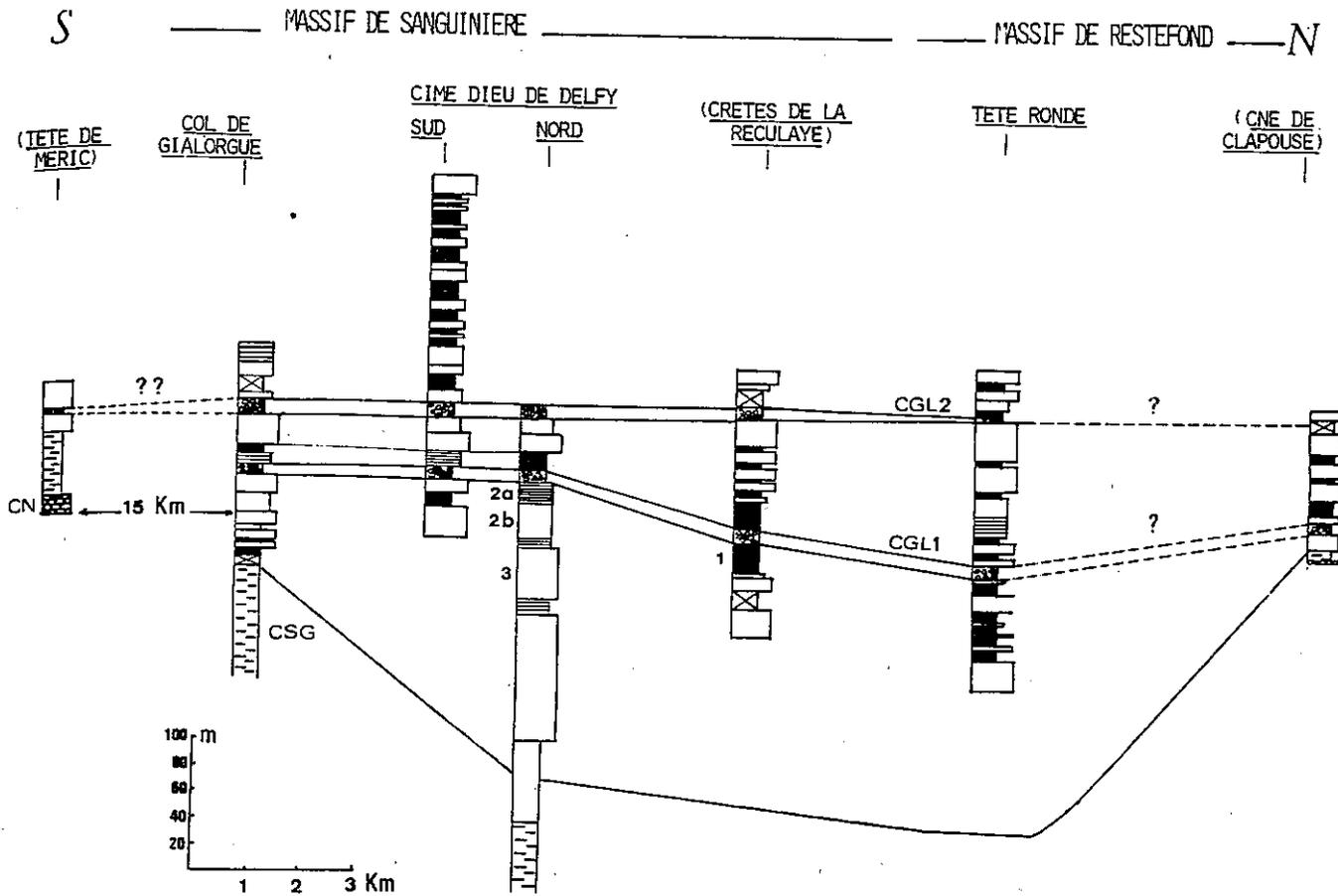


Fig.41: corrélation des coupes effectuées dans la série Grès d'Annot ouest-Argentera, de la Tête de Méric jusqu'au Nord du massif de Restefond. CN: calcaire nummulitique, CSG: Calcschistes à Globigérines CGL1, CGL2: niveaux de poudingues de la série Grès d'Annot. FACIES DE LA SERIE GRESEUSE (1, 2a, 2b, 3) cf. figure 34.

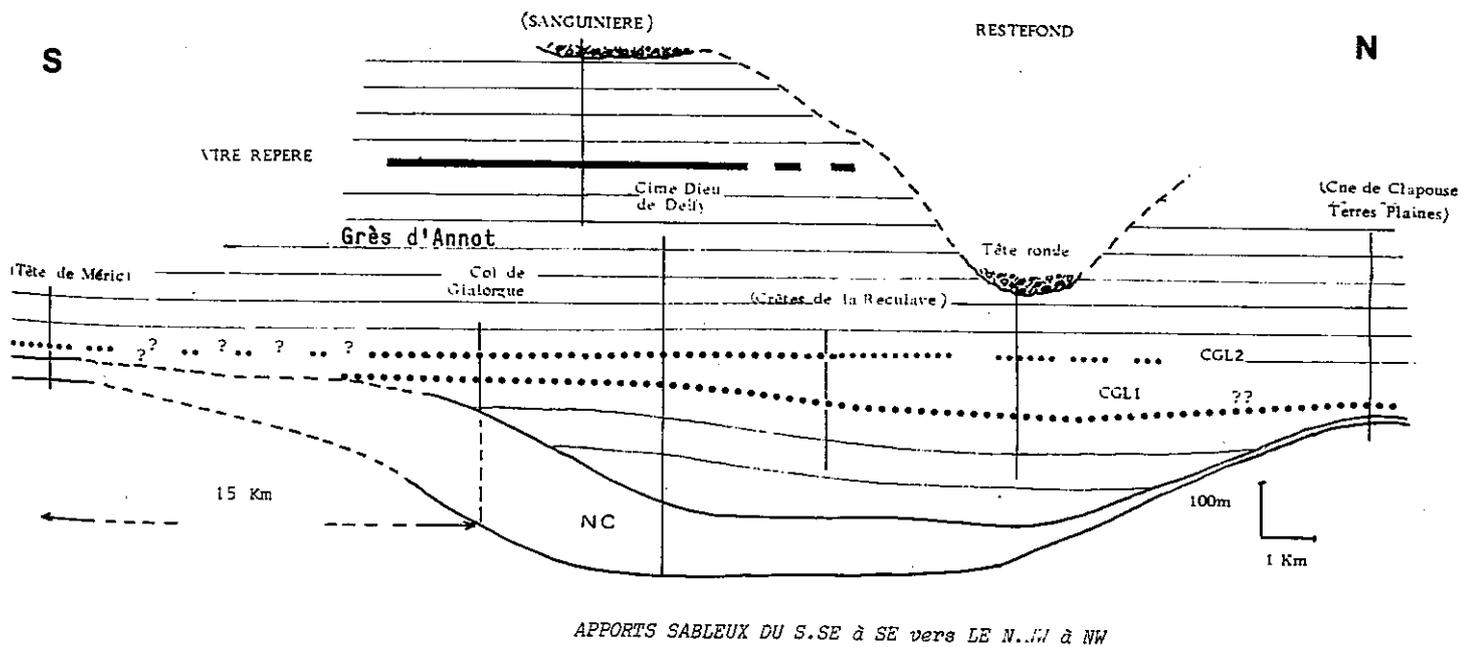


Fig.42: coupe schématique NS dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.

— Schistes à blocs — vire-repère conglomérat -repère
 NC: Nummulitique carbonaté.

N.B. Les coupes dont le nom est mentionné entre parenthèses n'ont pas été levées en détail. Les autres sont reportées sur la planche de coupes hors-texte.

- Entre la série du massif de Restefond et celle de la région des Terres-Plaines. Le conglomérat de la coupe de Clapouse a été corrélé avec le niveau de poudingue inférieur de la série de Sanguinière-Restefond. En effet, le conglomérat supérieur est lenticulaire quelques kilomètres au Sud (Tête Ronde, la Bonette, ...) et il pourrait donc disparaître vers le Nord.

IV - CONCLUSION

La corrélation des coupes détaillées (planche hors-texte) et schématiques (fig. 34, 38, 41), effectuées dans la série nummulitique ouest-Argentera permet de faire plusieurs séries de constatations.

Il est important d'insister sur le fait que ces corrélations auraient été impossibles en l'absence des niveaux-repères de poudingues dans la série Grès d'Annot.

- Avant le dépôt des grès

On a mis en évidence :

. de fortes variations d'épaisseur des Calcschistes à Globigérines, particulièrement marquées dans la partie sud des affleurements ;

. l'existence de déformations aboutissant à la structuration d'une paléotopographie marquée au toit des calcschistes.

Dans le chapitre 2, nous tenterons d'expliquer l'origine des variations d'épaisseur des calcschistes et les modalités de structuration du bassin récepteur des Grès d'Annot dont nous préciserons la forme.

- Pendant le dépôt des grès

Les turbidites sableuses issues du SE et du SSE sont venues combler le bassin (contact en "onlap" des grès sur les calcschistes, développement vertical de la série gréseuse).

Les déformations continuent probablement à affecter le bassin pendant le dépôt du tiers inférieur de la série turbiditique (variation d'épaisseur entre les deux niveaux de poudingue).

La série gréseuse est constituée d'une superposition de corps gréseux formés de bancs de grès homogènes et/ou de barres à granules séparés par des niveaux de turbidites fines (séquences de BOUMA tronquées à la base).

Dans le chapitre 3, nous nous intéresserons à la signification de ces faciès turbiditiques, à l'organisation interne de la série gréseuse. Nous tenterons de définir à quel type de cône sous-marin profond correspondent les accumulations turbiditiques qui affleurent actuellement à l'Ouest du massif de l'Argentera.

- Après le dépôt des grès

Il apparaît que les Schistes à blocs n'arrivent pas partout au même niveau dans la série gréseuse sur l'ensemble du bassin ouest-Argentera.

Dans le chapitre 4, nous étudierons plus précisément les rapports Grès d'Annot-Schistes à blocs.

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE 2

STRUCTURATION ET PHYSIOGRAPHIE DU BASSIN
DES GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

- I - LES VARIATIONS D'ÉPAISSEUR DES CALCSCHISTES À
GLOBIGÉRINES - HYPOTHÈSES RELATIVES AU MODE DE
STRUCTURATION DU BASSIN
- II - LA PHYSIOGRAPHIE DU BASSIN
- III - CONCLUSION

I - LES VARIATIONS D'ÉPAISSEUR DES CALCSCHISTES À GLOBIGÉRINES -

HYPOTHÈSES RELATIVES AU MODE DE STRUCTURATION DU BASSIN

- Le calcaire nummulitique ne présente que de faibles variations d'épaisseur à l'Ouest de l'Argentera. Elles sont, en grande partie, liées aux irrégularités de la surface d'érosion anté-nummulitique, mais localement, elles accompagnent aussi celles beaucoup plus marquées des calcschistes.

- Les Schistes à Globigérines ont en effet une épaisseur très variable : 200 mètres dans le haut-vallon de Gialorgue, quelques mètres seulement à l'Estrop, comme nous l'avons vu dans le chapitre I.

A - HYPOTHESES

Les fortes variations d'épaisseur des calcschistes peuvent être originelles ou acquises.

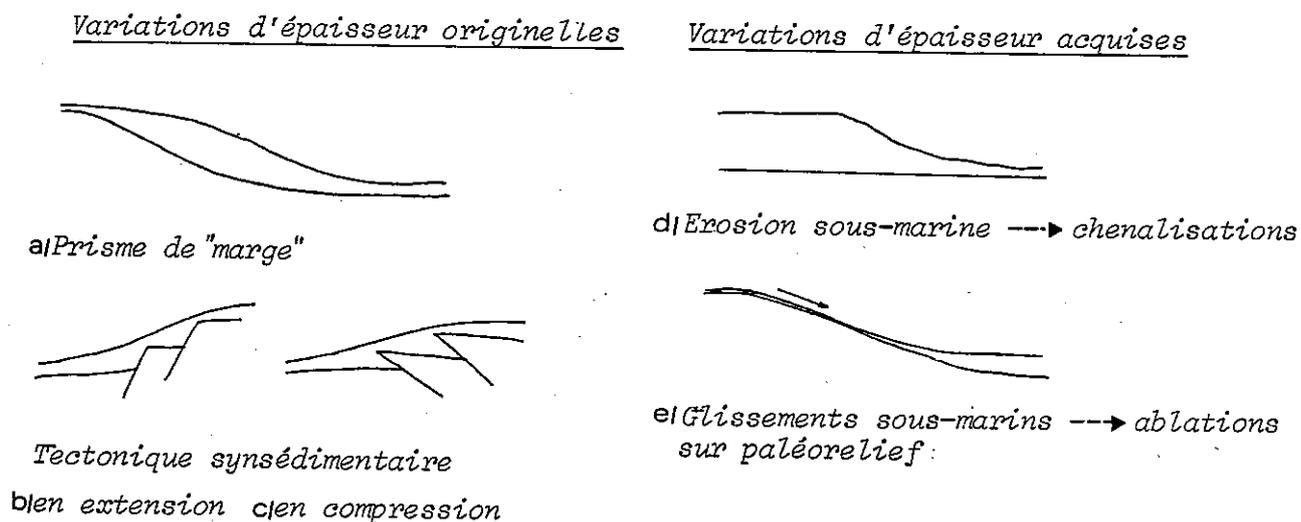


Fig. 43: hypothèses sur l'origine des variations d'épaisseur des Calcschistes à Globigérines à l'Ouest de l'Argentera.

- Variations d'épaisseur originelles

On peut envisager deux possibilités :

- . les calcschistes constitueraient un prisme de "marge" (fig. 43a) ;
- . ils ont été déformés lors d'une phase de tectonique synsédimentaire (en extension ? , compression ? , coulissage ?) , (fig. 43 b, c).

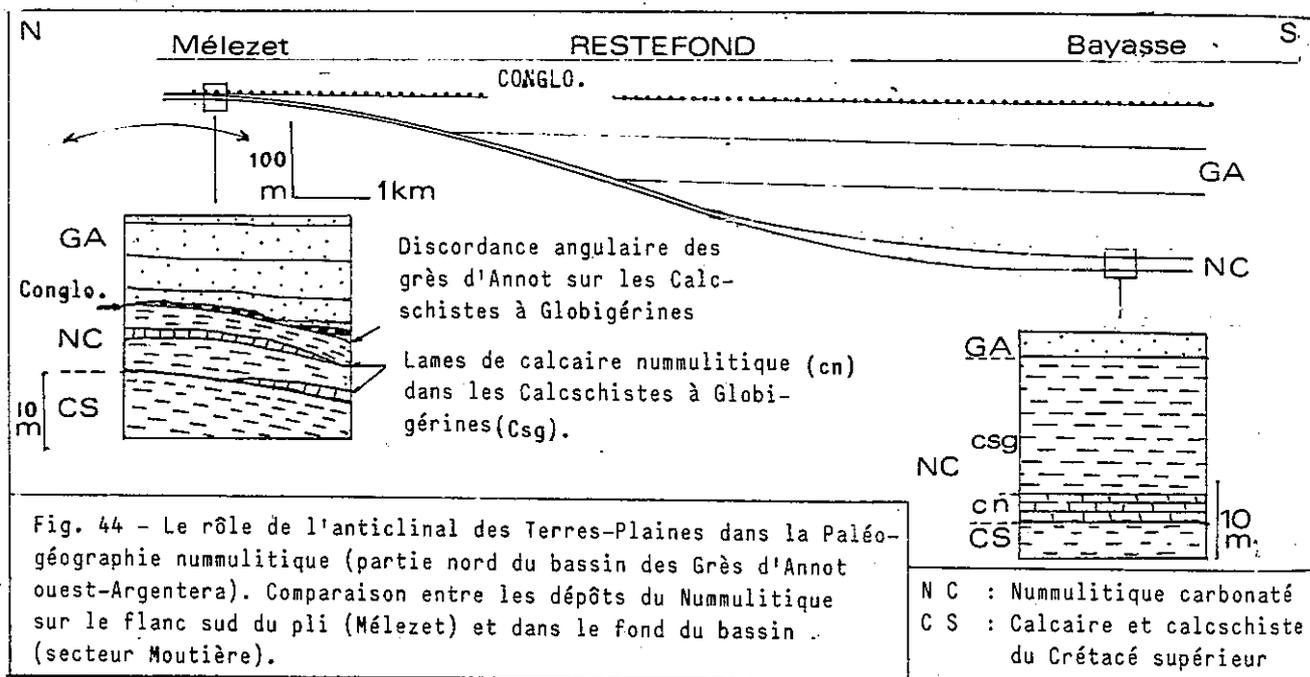
- Variations d'épaisseur acquises

- les Calcschistes ont subi à leur toit des phénomènes d'érosion sous-marine aboutissant au creusement de chenaux (fig. 43d);
- les calcschistes ont également pu se déposer sur les pentes préexistantes, leur sédimentation a été perturbée par des phénomènes de glissements sous-marins induisant des ablations (fig. 43 e).

Enfin, des coulissements récents (alpins) ont pu rapprocher des secteurs originellement plus éloignés. Nous avons déjà envisagé ce cas pour expliquer les variations d'épaisseur de schistes de part et d'autre de la vallée du Var (cf. p. 51).

B - OBSERVATIONS-INTERPRETATIONS

1) Au Nord du terrain : la série des Terres-Plaines



Structuré dès le début du Crétacé supérieur, l'anticlinal des Terres-Plaines est à l'origine de la discordance et de la réduction du Crétacé supérieur dans ce secteur (cf. coupe du Verrou du Mélezet, p. 58).

Il est probable qu'il constitue encore une zone haute pendant le dépôt du Nummulitique carbonaté. Pour C. KERCKHOVE (*in* DEBELMAS, 1983), l'extrême réduction du calcaire à Nummulites et son insertion en lames au sein des Schistes à Globigérines (eux-mêmes très peu épais) pourrait procéder de "glissements et d'ablations syngénétiques" sur le flanc sud du pli (fig. 44).

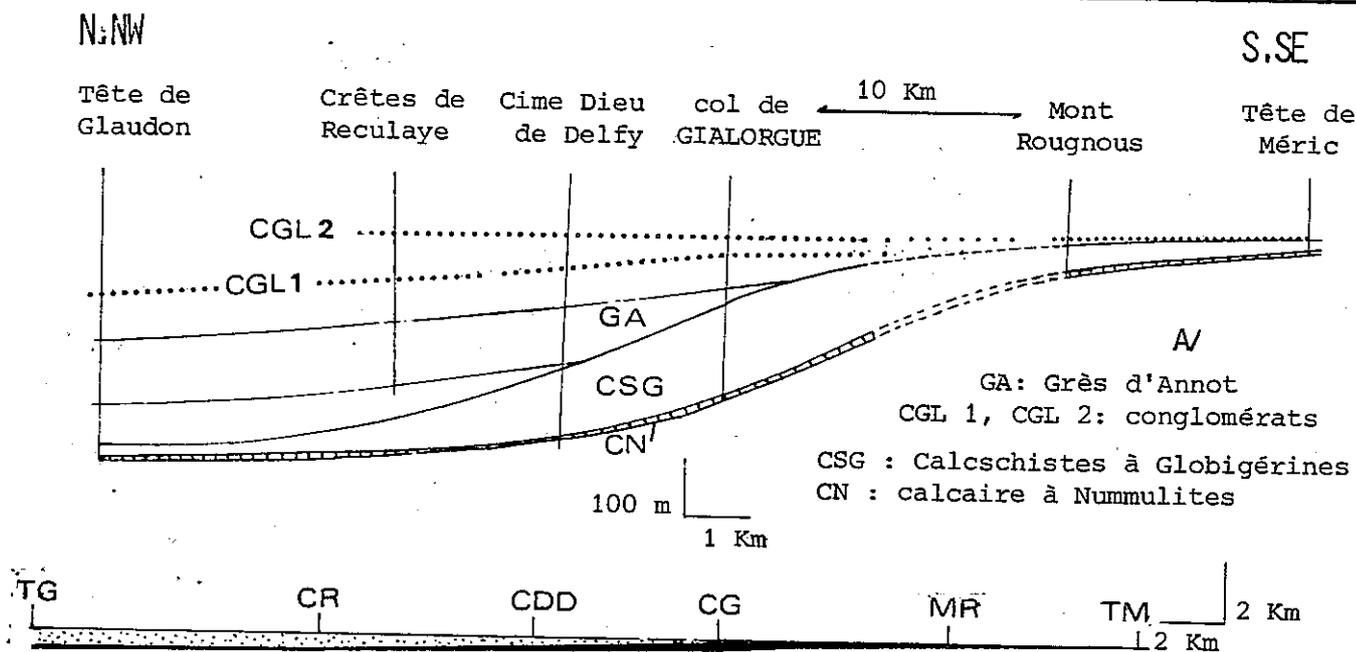
Ce paléorelief serait encore actif lors du dépôt du tiers inférieur de la série gréseuse, au moins, puisqu'au Nord du massif de Restefond, le niveau de poudingue repère est situé à la base des Grès d'Annot.

Ainsi, l'anticlinal des Terres-Plaines correspond sans doute à la bordure nord ou à un seuil dans la partie nord du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.

2) Coupe SSE-NNW dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera (fig.45)

Cette coupe traverse le bassin parallèlement aux directions des apports sableux. Les Schistes à Globigérines ont une très forte épaisseur sur la "pente" sud du bassin et non dans sa zone de profondeur maximum au NW.

Ce dispositif, exagéré par un artifice d'échelle sur la figure 45 a (dilatation de l'échelle verticale) évoque un prisme de "marge" de dimensions très modestes. La coupe 45 b donne l'image à l'échelle de cette structure.



B/ En noir: Nummulitique carbonaté En pointillés: Grès d'Annot

FIG. 45 : coupe restituée NNW-SSE dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera. a) échelle verticale dilatée b) échelle verticale = échelle horizontale.

3) Coupe W-E dans la partie sud du bassin (fig.46 a)

Cette section recoupe le bassin perpendiculairement aux directions des apports sableux. En corrélant les niveaux de poudingues, on annule les effets de la tectonique post-nappes qui se traduit essentiellement par le soulèvement du massif du Bec de Marseille (par rapport au massif de Sanguinière) par le jeu des failles du col des Trois-Hommes.

L'épaisseur des Calcschistes à Globigérines est très variable: quelques mètres dans le vallon de l'Estrop, plus de 100 mètres au col et dans le haut-vallon de Gialorgue, 50 mètres environ dans le massif du Bec de Marseille.

Les variations d'épaisseur se font brutalement, en particulier côté Est où elles apparaissent nettement de part et d'autre des failles du col des Trois-Hommes.

Pour A. FAURE-MURET (1955) qui avait déjà observé ce dispositif depuis le versant Tinée, les failles ont fonctionné avant le dépôt des Grès d'Annot

ou pendant la sédimentation des " marno-calcaires priaboniens " (Calcschistes à Globigérines). Elles ont rejoué ultérieurement.

Il est en effet très probable que les fortes variations d'épaisseur des calcschistes dans cette partie du bassin soient en grande partie liées à des déformations synsédimentaires plus ou moins souples ou cassantes, contemporaines du dépôt de cette formation et induisant l'enfoncement de la partie axiale du bassin par rapport à ses bordures.

Ces déformations ont probablement continué pendant le dépôt des grès (au moins le premier tiers de la série) puisque l'épaisseur de Grès d'Annot entre les deux niveaux-repères de poudingues tend à augmenter des bordures vers le centre du bassin (fig. 45 et fig. 46 a).

Dans ce secteur, on n'a pas d'indice net d'une paléotopographie héritée du Crétacé supérieur (comme dans la région des Terres-Plaines) ou structurée lors de la phase de tectonique et d'érosion fini-crétacée.

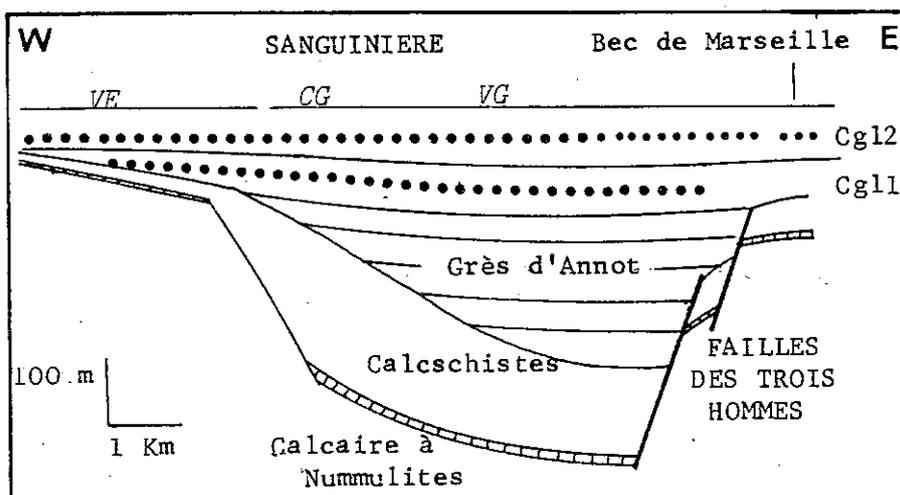
4) Dans les régions voisines: synclinal d'Annot, affleurements du Grand-Coyer, et de la chaîne des Trois-Evéchés

Dans ces régions, les variations d'épaisseur des Calcschistes à Globigérines ou de leurs équivalents, les Marnes Bleues sont au moins en partie liées à des phénomènes de tectonique synsédimentaire:

- Dans le synclinal d'Annot, la paléofaille de Saint-Benoît a fonctionné pendant le dépôt des Marnes Bleues mais n'a pas affecté la sédimentation des grès, PAIRIS (1971) (fig. 46 b).

- Dans la région du Grand-Coyer, au Nord d'Annot, des déformations souples ont structuré une "gouttière" N-S présentant une nette diminution de l'épaisseur des Marnes-Bleues de son axe vers ses bordures (INGLIS et al., 1981) (fig. 46 c).

- Dans la chaîne des Trois-Evéchés, au NW du Grand-Coyer, la tectonique synsédimentaire a concourru à la création d'une pente généralisée vers le Nord, au toit des Schistes à Globigérines. Sur le terrain, on observe de petites failles synsédimentaires et des slumps dans les derniers mètres de cette formation. A la Montagne de Chalufy (extrémité sud de la chaîne), ces mouvements se traduisent par des discordances au sein des calcschistes (fig. 46 d) (INGLIS et al. , 1981).



a: coupe restituée W-E dans la partie sud du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.

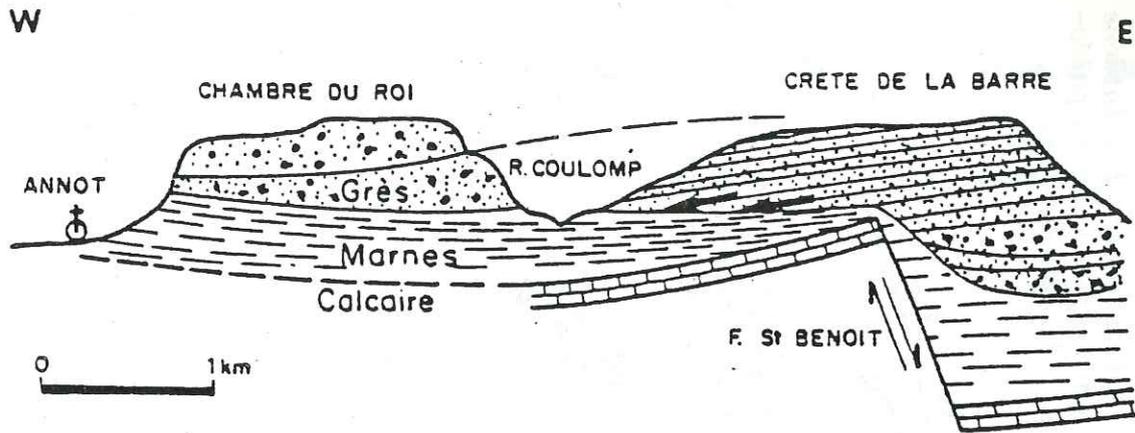
cgl1, cgl2: conglomérats-repères.

VE: vallon de l'Estrop

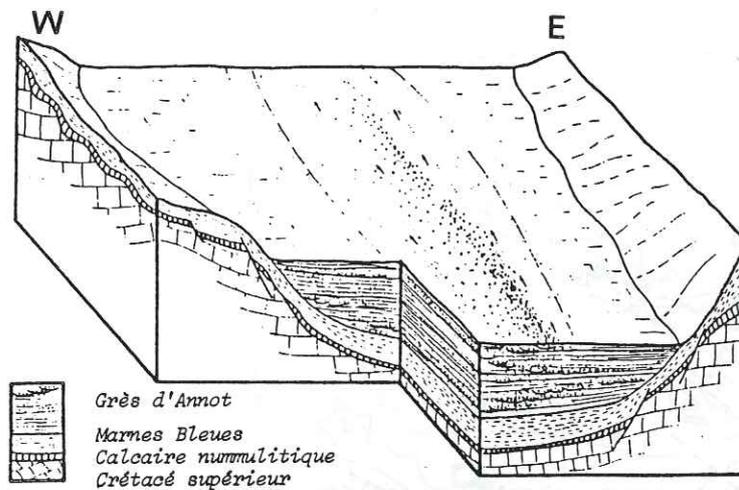
CG: col de Gialorgue

VG: vallon de Gialorgue

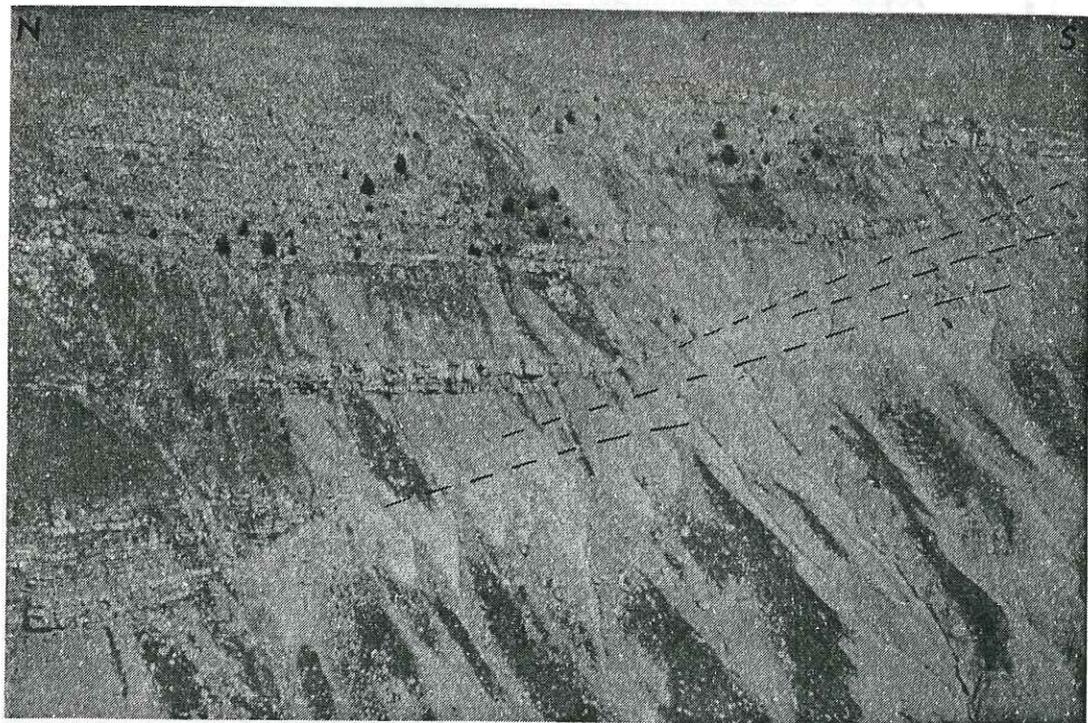
Fig.46: paléodépressions structurées au toit des Schistes à Globigérines (Marnes Bleues) dans le quart NW du domaine des Grès d'Annot.



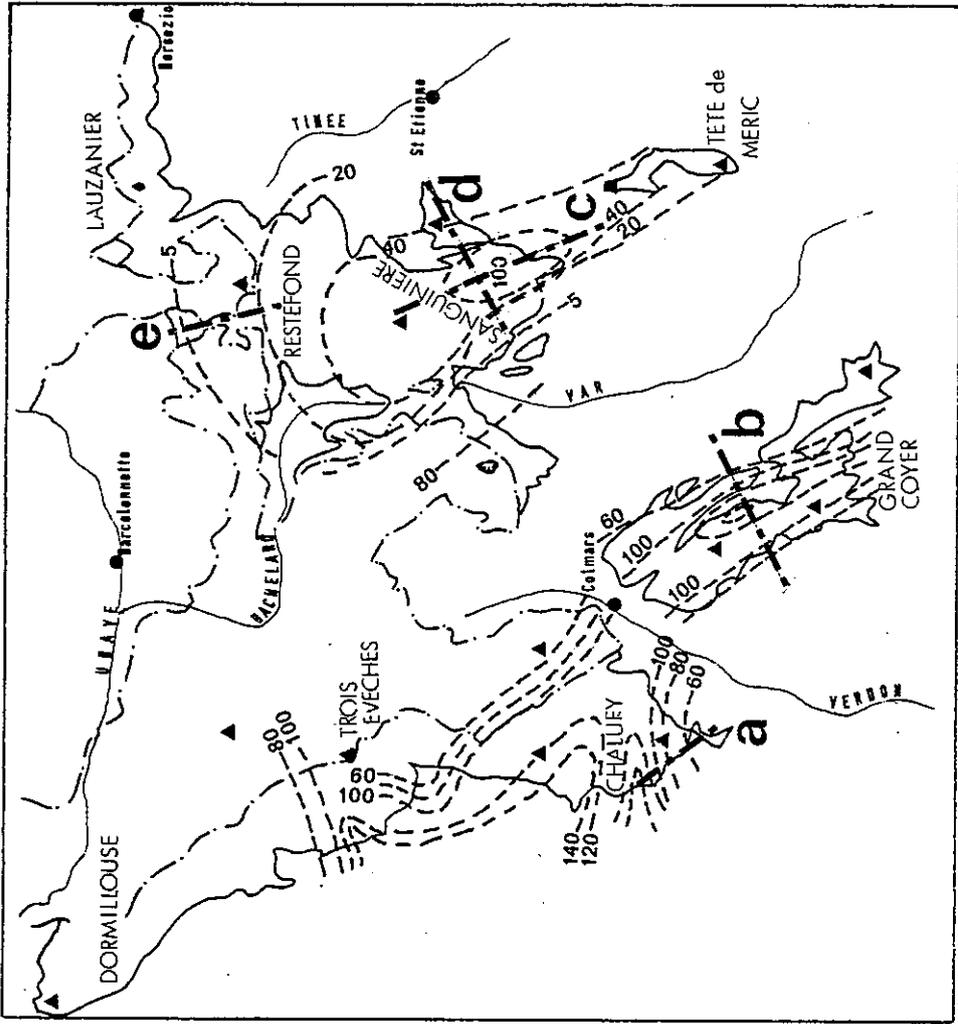
b: coupe schématique dans le synclinal d'Annot. Schéma de CREMER (1983) d'après les travaux de PAIRIS (1971).



c: reconstitution paléogéographique de la région du Grand-Coyer pendant le dépôt des Grès d'Annot. D'après CREMER (1983), modifié.

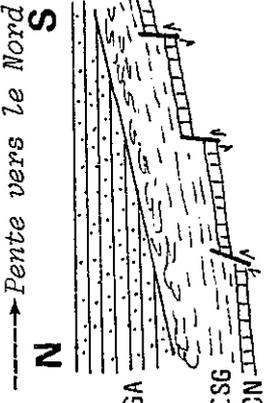


d: la montagne de Chalufy. Discordances au sein des Calcschistes à Globigérines et contact en "onlap" des Grès d'Annot sur les calcschistes. Ces structures traduisent l'existence d'une paléopente vers le Nord structurée avant le dépôt des grès. D'après RAVENNE et BEGHIN (1983).



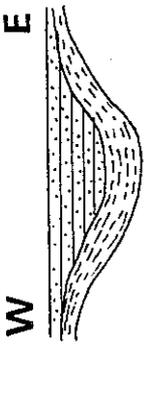
TROIS-EVECHES CHALUY

a) petites failles syn-sédimentaires et slumps dans les Calcschistes à Globigérines (INGLIS et al., 1981)



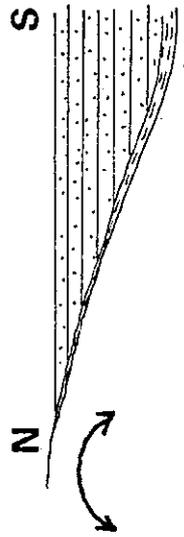
GRAND-COYER

b) déformations souples contemporaines du dépôt des calcschistes. (INGLIS et al., 1981)

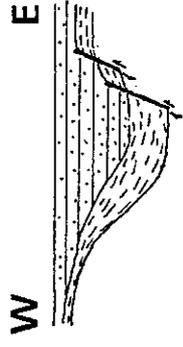


SANGUINIÈRE-RESTEFOND

e) glissements et ablations sur le flanc sud du paléopli des Terres-Plaines.



d) tectonique souple et cassante contemporaine du dépôt des calcschistes.



etête → dépression en "cuillère" d'axe S.SE-N.NW.

c) prisme de "margé"?

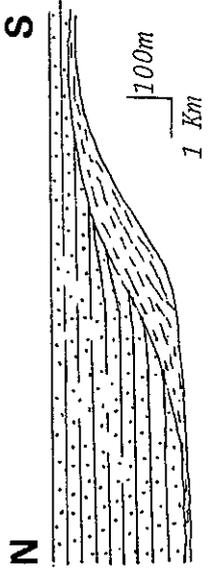


Fig. 47: carte d'isopaques des Calcschistes à Globigérines au Nord-Ouest de l'Argentera. Les variations d'épaisseur des calcschistes sont en grande partie liées à des déformations synsédimentaires.

CN: calcaire nummulitique CSG: Calcschistes à Globigérines GA: Grès d'Arnot

C - CONCLUSION (fig. 47)

Sur le terrain étudié, plusieurs facteurs sont à l'origine des variations d'épaisseur des Calcschistes à Globigérines.

On peut envisager que les calcschistes formaient un prisme de "marge" au Sud du terrain, avec une épaisseur maximum dans le Haut-Vallon de Gialorgue. Ceci reste très hypothétique.

Au Nord, leur épaisseur ainsi que celle du calcaire à Nummulites est très réduite par glissements et ablations sur le flanc sud du paléopli des Terres-Plaines qui constituait une zone haute depuis le début du Crétacé supérieur.

Mais, c'est essentiellement une phase de tectonique en extension, contemporaine du dépôt des calcschistes qui a abouti à la structuration du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.

Dans les régions voisines (Annot, Grand-Coyer, Trois-Evêchés,...), les mêmes mouvements ont été enregistrés (failles, flexures, discordances internes aux Marnes Bleues). Ils concourent également à la structuration d'une paléotopographie marquée au toit des calcschistes.

Il est probable que ces déformations ont continué pendant le dépôt de la partie inférieure de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

II - LA PHYSIOGRAPHIE DU BASSIN

A - CARTES D'ISOPAQUES DE LA SECTION TOIT DES CALCSCHISTES A GLOBIGERINES - NIVEAUX-REPERES CONGLOMERATIQUES DE LA SERIE GRES D'ANNOT

1) Modalités d'établissement

On a mesuré ou estimé en de nombreux points l'épaisseur de la série gréseuse entre le toit des calcschistes et les différents niveaux-repères existant dans la série Grès d'Annot (fig. 48 a), à savoir :

- le niveau de poudingue inférieur,
- le niveau de poudingue supérieur.

En ce qui concerne la vire-repère, on a trop peu de points de mesure pour établir une carte qui n'apporterait pas plus de renseignements que la coupe Verdon-Tinée (chapitre 1, fig. 34 et 35).

Dans les zones où la base de la série gréseuse est masquée, c'est une épaisseur minimale qui a été indiquée.

Dans les zones à conglomérat unique, on a distingué :

- les horizons de poudingue à matrice grésopélitique brune, généralement d'épaisseur décamétrique (secteur Restefond-Tinée) ;
- les horizons de poudingue lenticulaires à matrice gréseuse (Bec de Marseille, Tête de Méric).

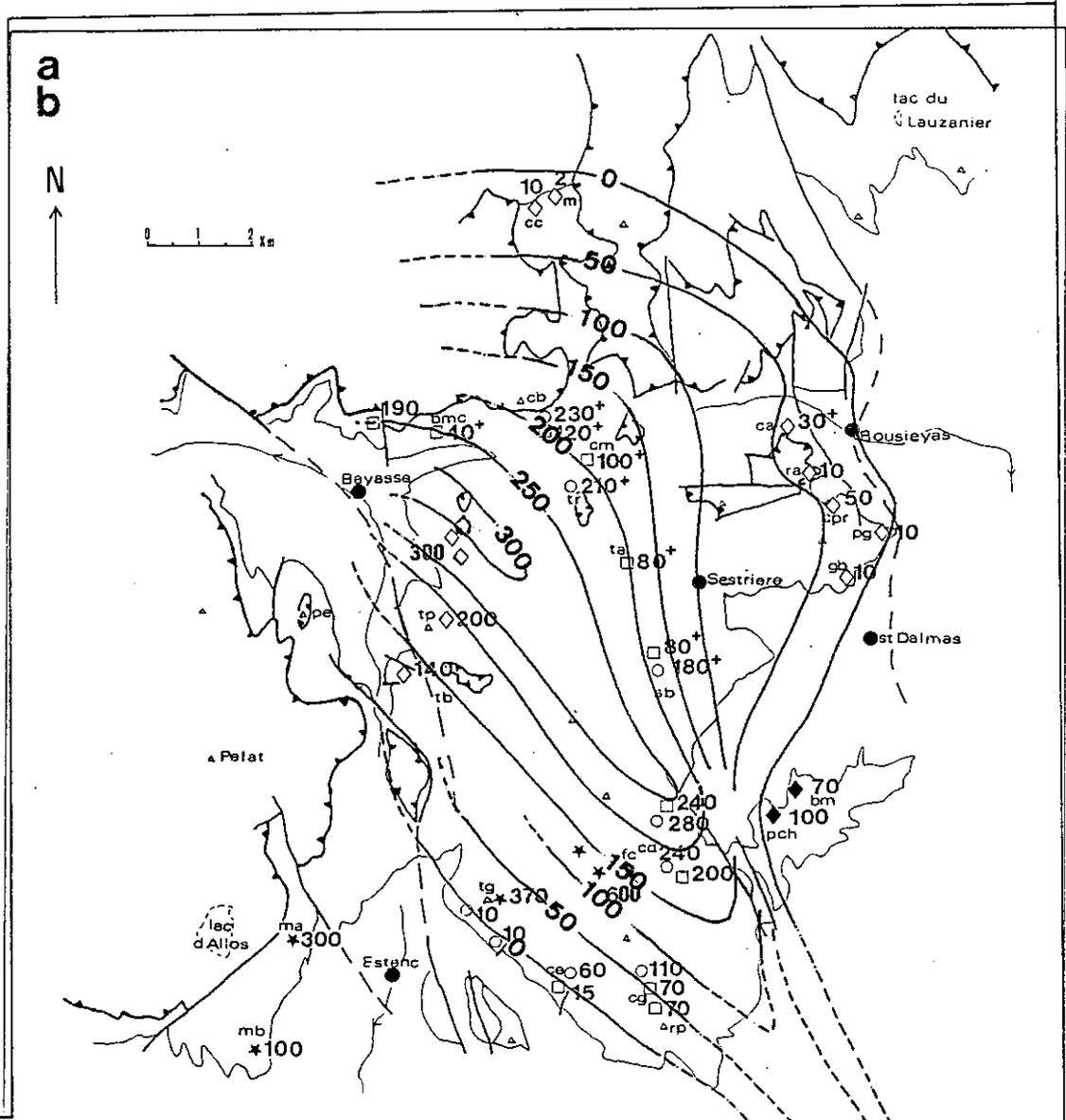


Fig. 43 - Les variations d'épaisseur de la série Grès d'Annas Mont-Rouge.

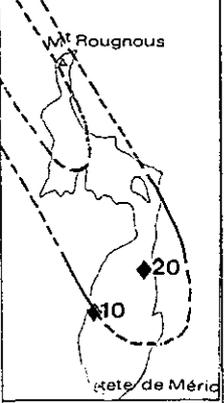
- a) Carte des valeurs de l'épaisseur de l'intervalle :
- toit des calcschistes..... conglomérat inférieur (□)
 - toit des calcschistes..... conglomérat supérieur (○)
 - toit des calcschistes..... conglomérat "isolé", plus probablement niveau inférieur (◇)
 - toit des calcschistes..... niveau supérieur (◆)
 - toit des calcschistes..... vice-rapère (*)

(Le signe + indique une épaisseur minimale)

- base du Nummulitique
- base des nappes.

bm : bec de Marseille ; bmc : barres de la mauvaise-côte ; ca : bloc d'Imprensé ; cb : Caire-brun ; cc : cne de Clapouse ; cd : Côte Dieu de Delfy ; ce : cne de l'Estrop ; cg : col de Gialorgue ; cm : col de La Moutière ; cpr : crête au Prêtre ; fa : fort-carra ; gb : crête de la Blanche ; m : mélezet ; ma : montagne de l'Avalanche ; rb : mont Bertrand ; pch : Pierre-Châtel ; pg : pointe Gassin ; ra : roche de L'Aré ; rp : rocher du Pigeon ; sb : Serre de Braïssa ; ta : tête Airon ; tb : tête Boucharde ; tg : tête de Gorgias ; tp : tête de Peynier ; tr : tête-ronde.

b) Carte isopaque de l'intervalle toit des Calcschistes à Globigérines-conglomérat inférieur.



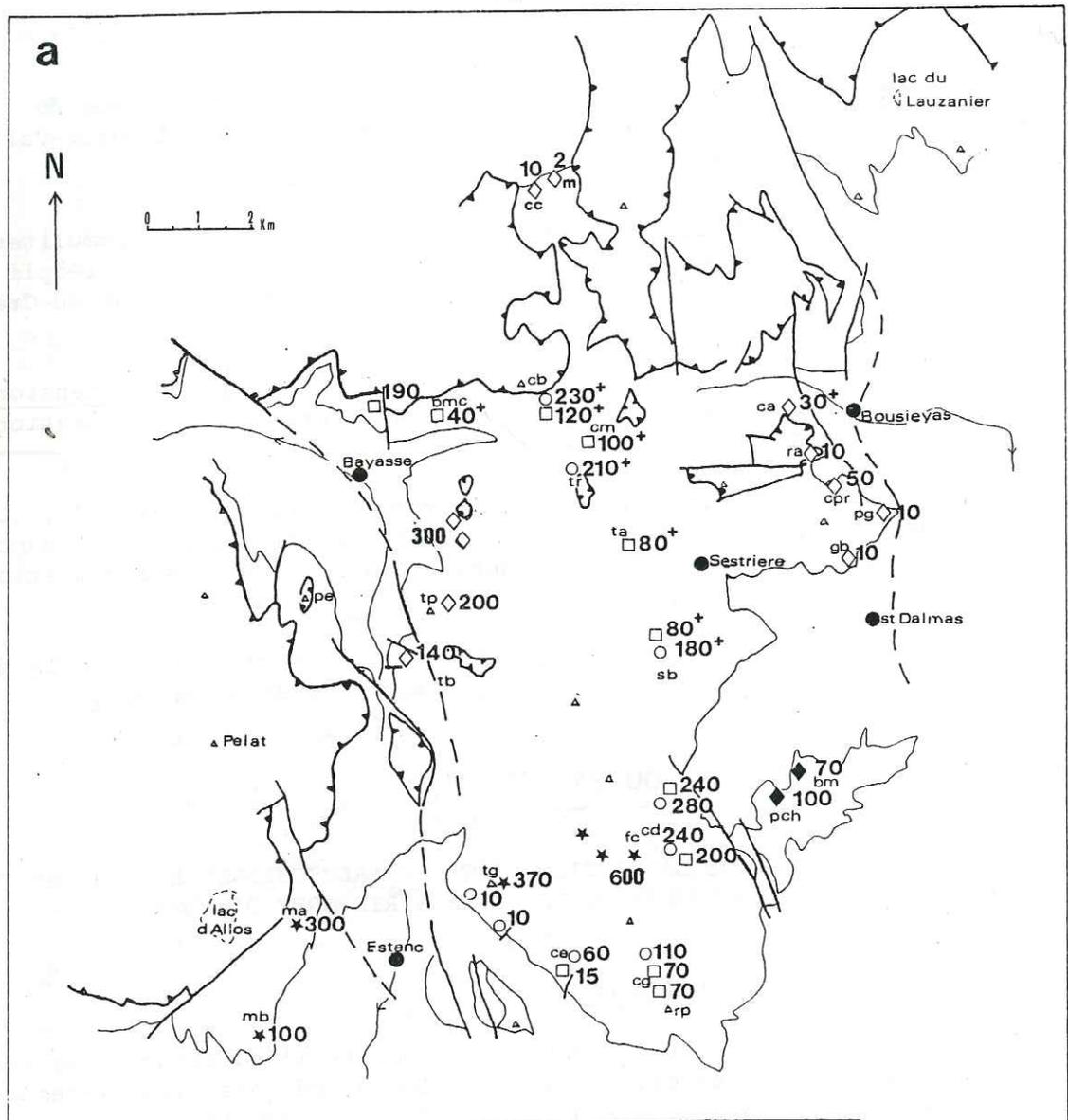


Fig. 48 - Les variations d'épaisseur de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

a) Carte des valeurs de l'épaisseur de l'intervalle :

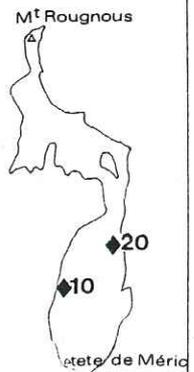
toit des calcschistes..... conglomérat inférieur (□)
 toit des calcschistes..... conglomérat supérieur (○)
 toit des calcschistes..... conglomérat "isolé", plus probablement
 niveau inférieur (◇)
 niveau supérieur (◆)
 toit des calcschistes..... vire-repère (*)

(Le signe + indique une épaisseur minimale)

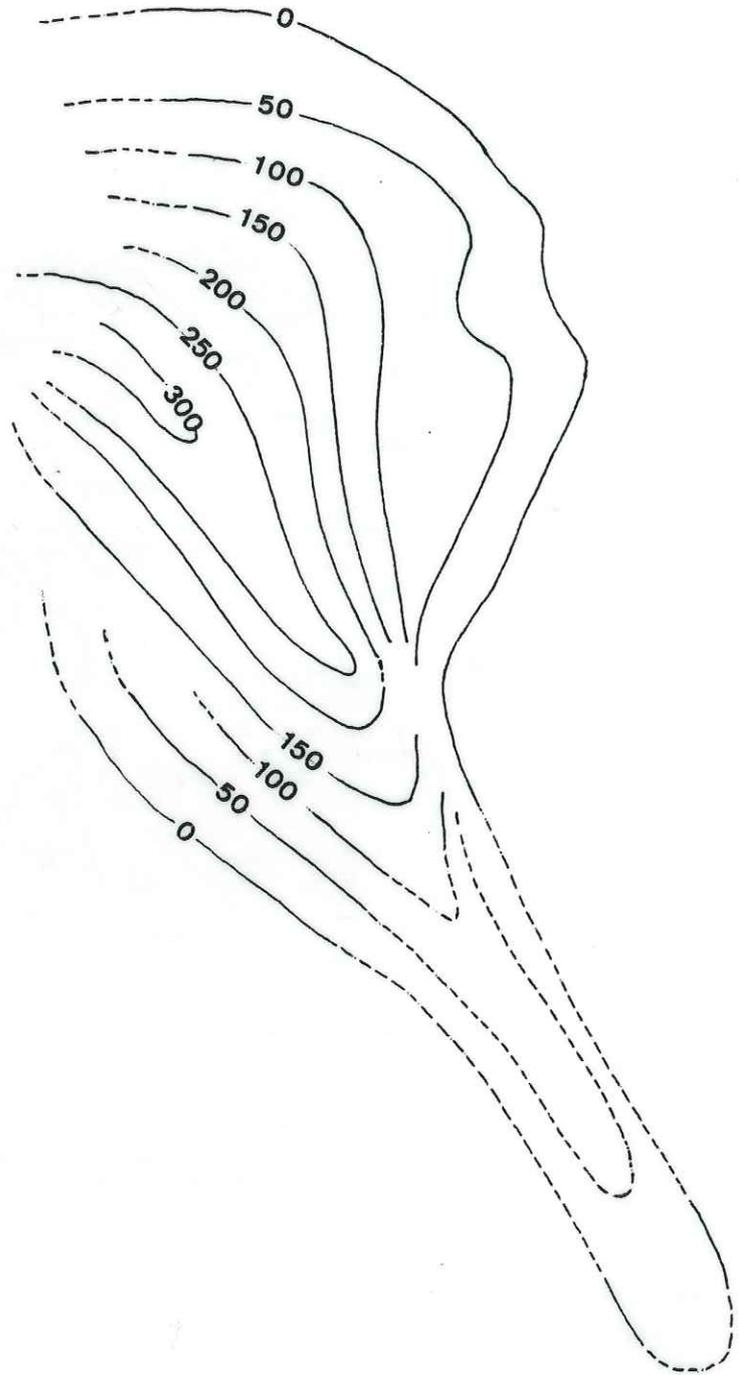
— base du Nummulitique
 — base des nappes.

bm : bec de Marseille ; bmc : barres de la mauvaise-côte ; ca : cols d'Amprène ;
 cb : Caire-brun ; cc : cne de Clapouse ; cd : Cime Dieu de Delfy ; ce : cne de
 l'Estrop ; eg : col de Gialorgue ; em : col de la Moutière ; epr : crête du
 Prêtre ; fc : fort-carra ; gb : crête de La Blanche ; m : mélezet ; ma : mon-
 tagne de l'Avalanche ; mb : mont Bertrand ; pch : Pierre-Châtel ; pg : pointe
 Giassin ; ra : roche de l'Aré ; rp : rocher du Pigeon ; sb : Serre de Braïssa ;
 ta : tête Airon ; tb : tête Boucharde ; tg : tête de Gorgias ; tp : tête de
 Peynier ; tr : tête-ronde.

b) Carte isopaque de l'intervalle toit des Calcschistes à Glodigérinas-
 conglomérat inférieur.



b



2) Problèmes de corrélation

L'existence de zones à conglomérat unique pose des problèmes de corrélation comme nous l'avons vu dans le chapitre 1. Nous avons envisagé diverses hypothèses et construit différentes cartes d'isopaques. Les résultats étant très comparables, nous ne présentons qu'une carte d'isopaques de la section toit des calcschistes-conglomérat inférieur (fig. 48 b) en prenant les hypothèses suivantes :

- Les conglomérats "isolés" de la partie nord du terrain (Pte Giassin, cabane de Clapouse, vallon de Sanguinière) correspondent au niveau inférieur de poudingue de la série. Le conglomérat supérieur, lenticulaire dans la partie centrale du massif de Restefond disparaîtrait latéralement dans ces secteurs.

- Le conglomérat lenticulaire du Bec de Marseille et de la Tête de Méric est l'équivalent latéral du niveau supérieur de poudingue.

N.B. Cette carte ne traduit la forme du bassin que pendant le premier tiers de son existence puisqu'elle ne prend en compte que le tiers inférieur de la série gréseuse. Les coupes (fig. 35, 39, 42) du chapitre 1 complètent la carte vers le haut de la série.

3) Commentaires (fig. 48)

Le bassin-récepteur des Grès d'Annot ouest-Argentera apparaît comme une petite dépression allongée "en cuillère", d'axe SSE-NNW. Etroit au Sud, il s'évase vers le Nord.

Au Sud, il est dissymétrique : pente régulière côté ouest, failles côté est. Rappelons qu'une des failles du col des Trois-Hommes a pu rejouer ultérieurement en coulissement dextre et accentuer ainsi le caractère dissymétrique de la partie sud du bassin.

La zone de profondeur maximum est située entre la Cime Dieu de Delfy au SE et la Tête de Glaudon au NW. Nous ne savons pas si la dépression se referme ou se prolonge dans cette direction car on manque d'affleurement à l'Ouest du Bachelard.

Si l'on se réfère à la carte d'isopaques (fig. 48), les dimensions du bassin peuvent être estimées à 300 mètres de profondeur maximum pour une plus grande largeur d'environ 10 kilomètres.

Ses dimensions atteindraient 650 mètres pour 15 kilomètres si les corrélations de séries Grès d'Annot de part et d'autre de la vallée du Var sont correctes (cf. p. 51-52).

Mais, étant donnée l'absence d'"onlap" visible dans les parties hautes de la série à l'exception de celui du Mont Bertrand (fig. 24, p. 44), on ne peut avoir qu'une idée imprécise des dimensions réelles de la dépression ouest-Argentera (fig. 49).

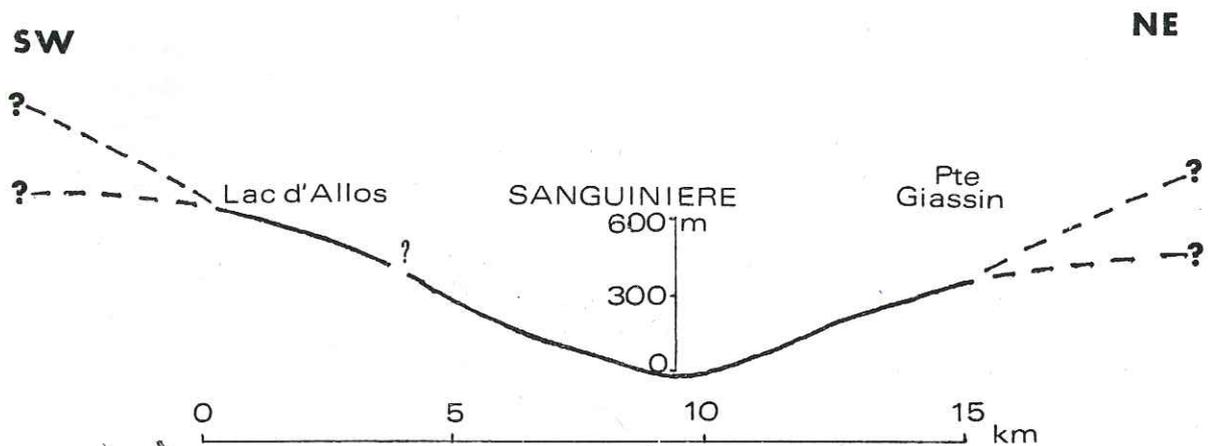


Fig. 49: hypothèses sur la forme des bordures de la dépression ouest-Argentera.

B - COMPARAISON AVEC UNE CARTE DE REPARTITION DES DIRECTIONS DE COURANT (fig. 50)

On note une correspondance parfaite entre l'axe du bassin et les directions de courant relevées essentiellement dans le tiers inférieur de la série gréseuse (SSE-NNW à SE-NW).

Compte tenu du tracé des isopaques et du sens des apports sableux, il est probable que la "klippe" du Mont Rougnons - Tête de Méric n'a pas subi de déplacement important par rapport au Sénonien-Tertiaire des affleurements de Sanguinière.

Les directions d'apport sont légèrement différentes dans les grès des Tours du Lac d'Allos et du Mont Bertrand (E-W dominant) qui correspondent, d'après nos corrélations, aux parties hautes de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

C - DANS LES REGIONS VOISINES

Les Grès d'Annot viennent également combler des dépressions pré-structurées au toit des calcschistes (INGLIS et al., 1981 ; CREMER, 1983).

- La gouttière du Grand-Coyer est progressivement comblée par des turbidites sableuses venues du Sud. Dans ce secteur, les épaisseurs maximales de série gréseuse correspondent aux épaisseurs maximales des Marnes Bleues, ce qui n'est pas le cas sur notre terrain (fig. 46 c).

- Dans la chaîne des Trois-Evêchés, les apports à dominance E-W viennent se biseauter contre une pente généralisée vers le Nord (fig. 46 d).

Dans ces régions, l'organisation interne de la série gréseuse est très comparable à celle de Sanguinière-Restefond. Dans la série des Trois-Evêchés, on retrouve un niveau de poudingue à matrice grésopélimitique brune.

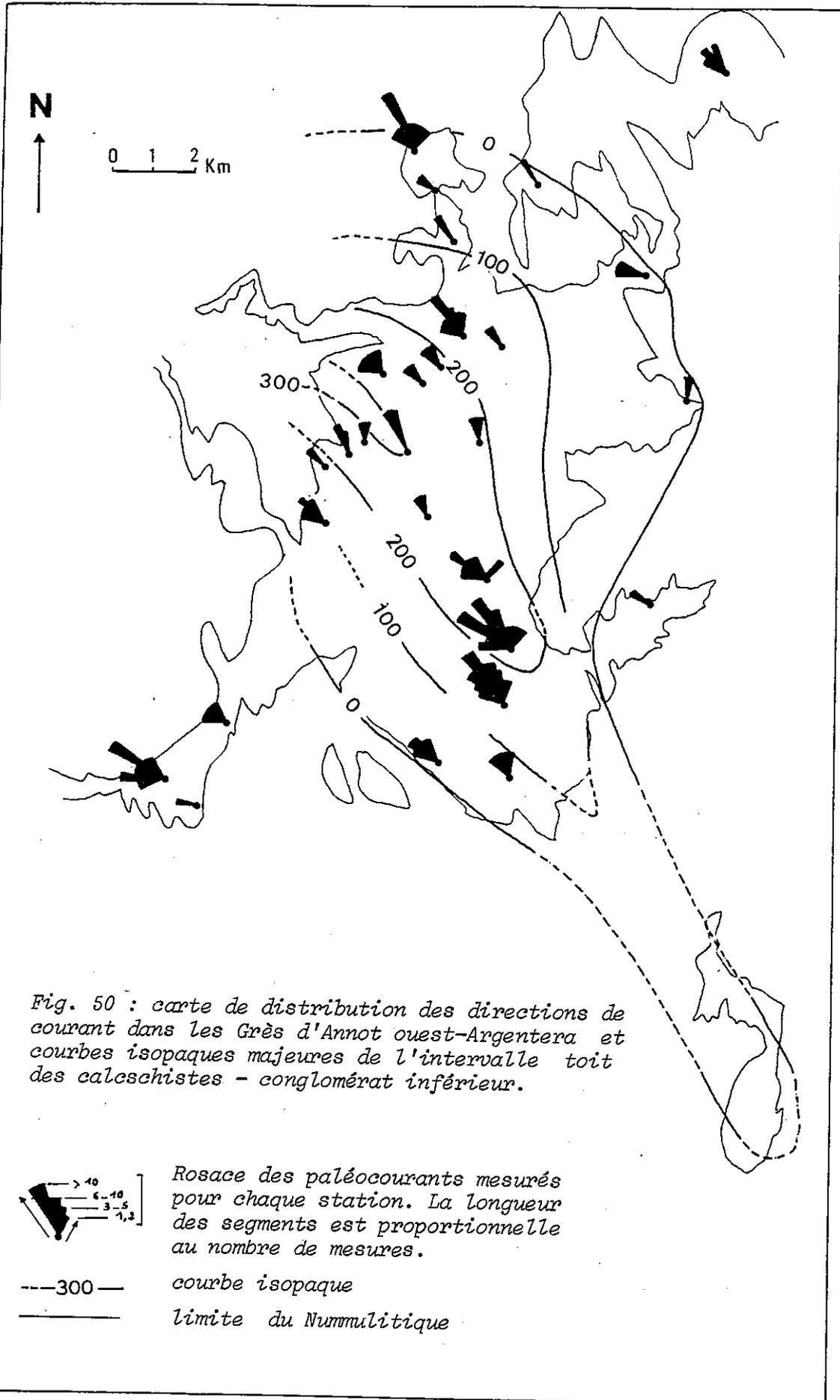
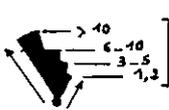


Fig. 50 : carte de distribution des directions de courant dans les Grès d'Annot ouest-Argentera et courbes isopaques majeures de l'intervalle toit des calcschistes - conglomérat inférieur.



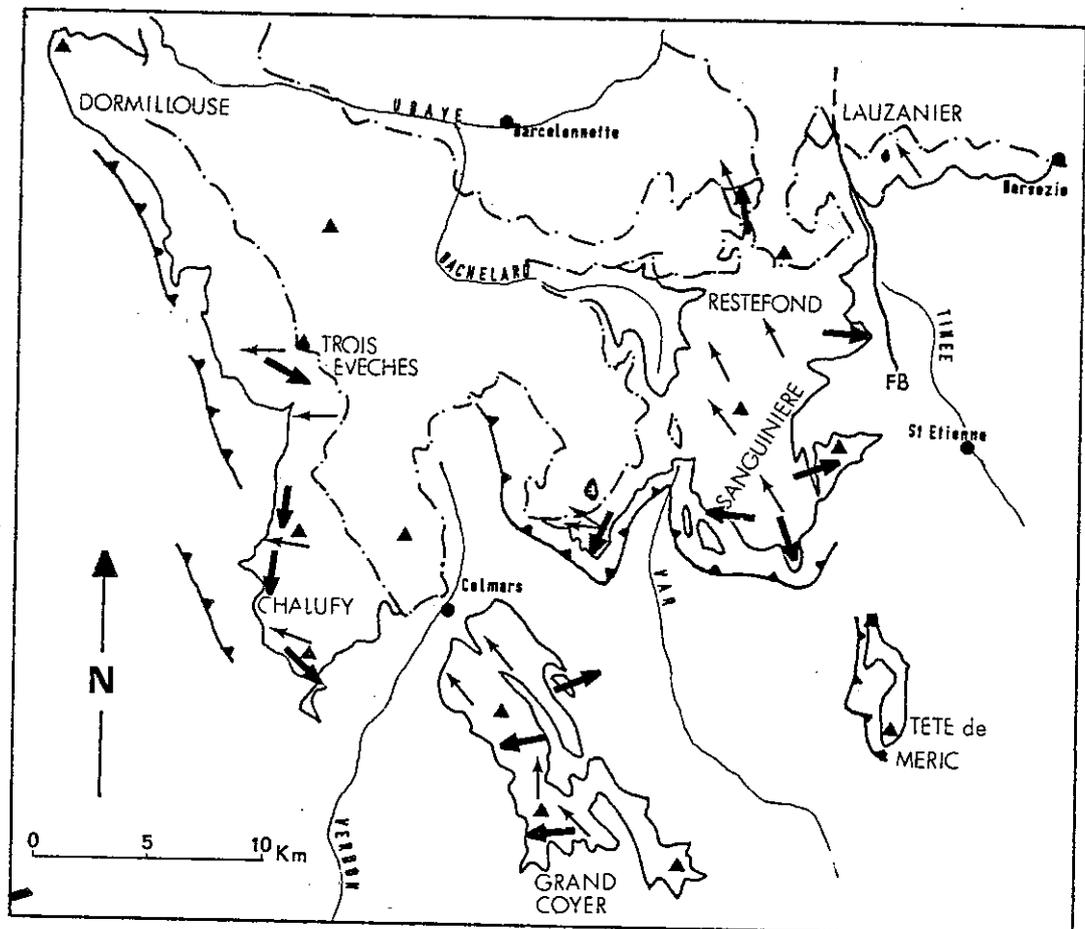
Rosace des paléocourants mesurés pour chaque station. La longueur des segments est proportionnelle au nombre de mesures.

---300---

courbe isopaque

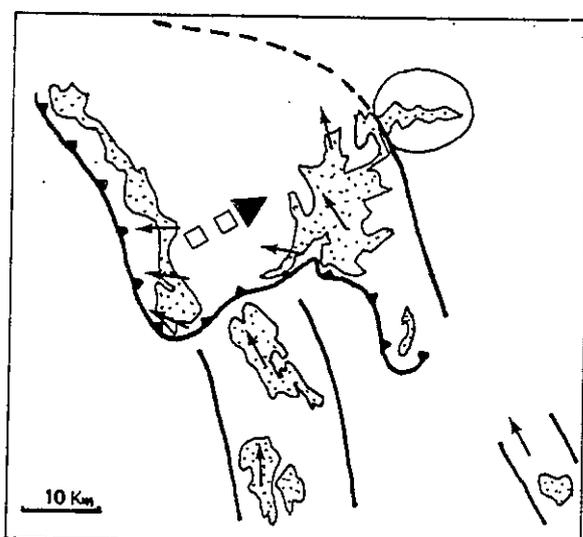
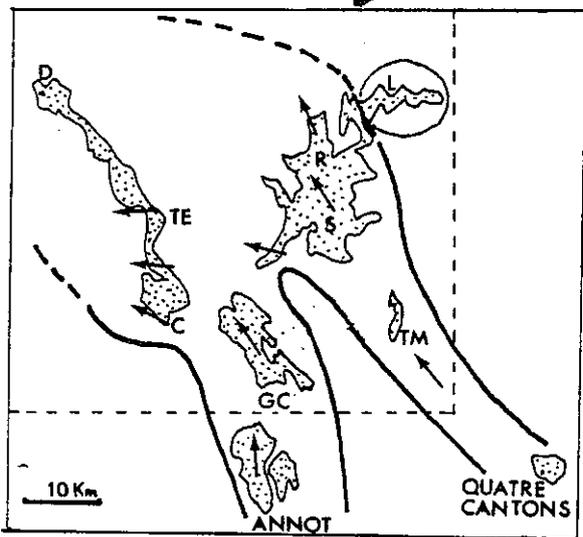
—

limite du Nummulitique



LES FAITS (d'après INGLIS et al. (1981) pour la moitié ouest de la carte)

- ← direction et sens des apports dans les Grès d'Annot
- ↖ direction apparente d' ONLAP des grès sur les calcschistes (observations de terrain et déduction par corrélation de coupes).
- base des nappes — base du Tertiaire FB: faille de Bousièyas
- ▲ chevauchement dans la couverture "autochtone".



LES HYPOTHESES "autochtoniste"

"allochtoniste"

Fig. 51: relations possibles entre les dépressions existant au toit des Calcschistes à Globigérines dans le quart NW du bassin des Grès d'Annot s.l. (dépression ouest-Argentera, dépression des Trois-Evêchés, "gouttière" du Grand-Coyer)

Le secteur nord-Argentera (Lauzanier) a été rapproché tardivement des affleurements de Sanguinière-Restefond

III - CONCLUSION

- Le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera est une dépression étroite, en "cuillère", d'axe SSE-NNW. Il a été structuré en grande partie lors d'une phase tectonique contemporaine du dépôt des Calcschistes à Globigérines et ultérieurement comblé par des turbidites sableuses issues du SSE et du SE.

Il a fortement canalisé le tiers inférieur de la série gréseuse au moins.

- Relations avec les affleurements voisins (fig. 51)

Dans les régions voisines (Annot, Grand-Coyer, Trois-Evêchés), les Grès d'Annot se sont également accumulés dans des dépressions pré-structurées au toit des calcschistes.

Deux hypothèses de corrélations sont envisageables selon l'importance accordée à l'existence du niveau de décollement sous le Sénonien-Tertiaire des affleurements de Sanguinière-Restefond et des Trois-Evêchés.

Hypothèse "autochtoniste"

Les affleurements occupent une position relative actuelle identique à celle qu'ils avaient lors du dépôt des Grès d'Annot.

Deux dépressions étroites, parallèles, d'axe SSE-NNW "fusionnent" dans la région des Trois-Evêchés. Les grès des Quatre-Cantons, d'un faciès assez comparable à ceux d'Annot s.s. pourraient alors représenter la partie "canyon" des accumulations turbiditiques de Sanguinière-Restefond.

Hypothèse "allochtoniste"

Les grès des Trois-Evêchés et de Sanguinière-Restefond se sont déposés dans un secteur plus oriental et ont dérivés tectoniquement jusqu'à leurs positions actuelles, au front des nappes alpines.

Les relations Grand-Coyer/Trois-Evêchés et Quatre-Cantons/Sanguinière sont compromises. Par contre, on peut toujours envisager que la dépression ouest-Argentera se prolonge en direction des Trois-Evêchés. Rappelons en effet l'existence de niveaux de poudingue identiques dans les séries Grès d'Annot des deux régions.

18 AOÛT 2003

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES GEOSCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail: ptalour@ujf-grenoble.fr

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE 3

ANALYSE DE LA SERIE A TURBIDITES GRES D'ANNOT
 DES MASSIFS DE SANGUINIÈRE ET DE RESTEFOND
 ESSAI DE CARACTERISATION DU CÔNE
 SOUS-MARIN PROFOND OUEST-ARGENTERA

I - INTRODUCTION - RAPPELS

II - LES PRINCIPAUX FACIÈS TURBIDITIQUES

III - SIGNIFICATION DES FACIÈS TURBIDITIQUES ET
 ORGANISATION INTERNE DE LA SÉRIE GRÈS D'ANNOT
 OUEST-ARGENTERA - BRÈVE REVUE DES TRAVAUX ANTÉ-
 RIEURS

IV - PRINCIPAUX CARACTÈRES DU CÔNE SOUS-MARIN PROFOND
 OUEST-ARGENTERA

V - CONCLUSION

I - INTRODUCTION - RAPPELS

Le matériel de la série à turbidites Grès d'Annot des massifs de Sanguinière-Restefond est issu en grande partie du SE et du SSE. Il est venu combler une dépression étroite d'axe SSE-NNW au toit des Calcschistes à Globigérines. La série peut atteindre 1000 mètres d'épaisseur au centre de la dépression.

Elle est constituée d'une superposition d'assises gréseuses (10 à 100 mètres d'épaisseur), séparées par des niveaux grésopélitiques plus minces.

Dans les niveaux gréseux (environ 70 % de la série), on rencontre essentiellement deux faciès turbiditiques : les barres à granules et les bancs de grès homogènes (faciès gréseux).

Dans les niveaux grésopélitiques (environ 30 % de la série), ce sont les turbidites fines qui dominent avec quelques intercalations de grès homogènes (faciès grésopélitique).

Un dernier faciès, particulier et rare, nous a servi de niveau-repère, il s'agit de poudingues à matrice grésopélitique.

Ces faciès ont été décrits très brièvement dans certaines coupes du chapitre 1. Nous ferons en premier lieu une synthèse des observations menées sur l'ensemble du terrain.

Nous étudierons ensuite les relations existant entre ces faciès, leurs significations et nous tenterons de dégager les principaux caractères du cône sous-marin profond dans lequel se sont déposés les Grès d'Annot ouest-Argentera.

Pour faciliter la compréhension de ce chapitre, on pourra se reporter principalement aux travaux de MUTTI (1979) et de WALKER (1978).

II - LES PRINCIPAUX FACIÈS TURBIDITIQUES

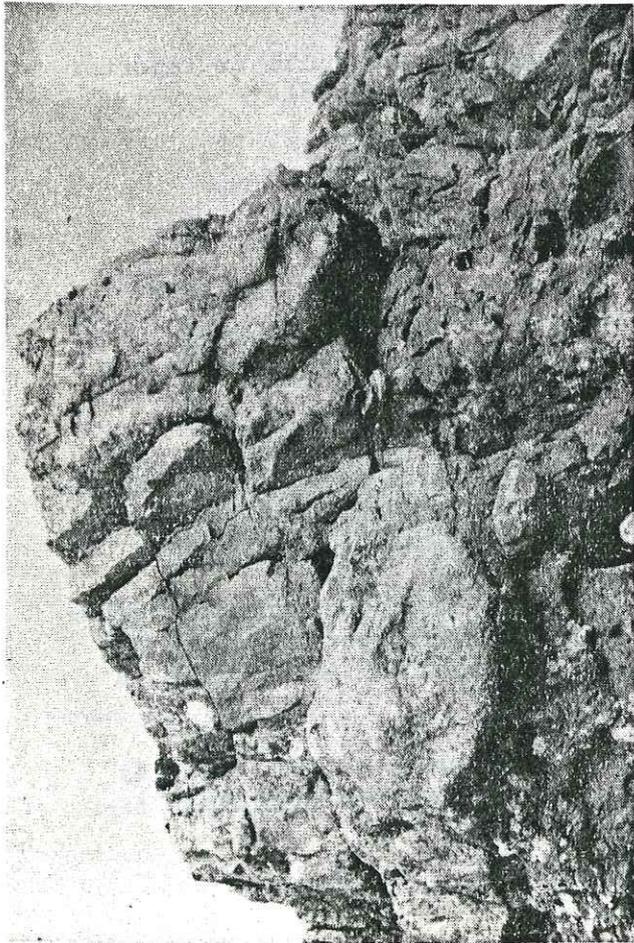
A - LES POUDINGUES A MATRICE GRESO-PELITIQUE

Description (fig. 52)

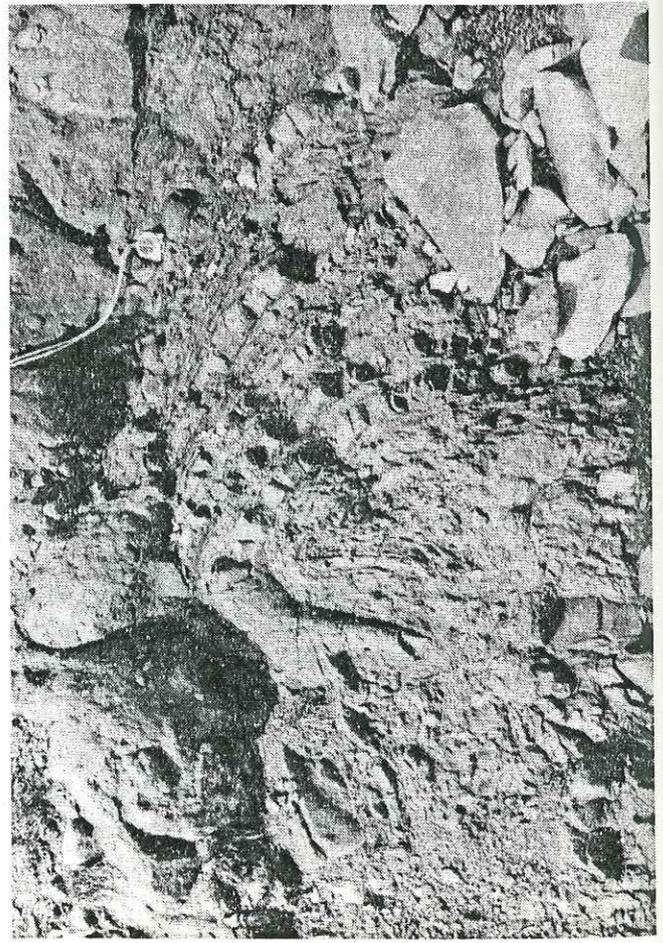
Il existe deux niveaux de poudingues dans la série Grès d'Annot ouest-Argentera. On en retrouve un dans la chaîne des Trois-Evêchés et trois plus au Nord dans la région de Dormillouse (communication orale G. GHIBAUDO).

Dans les massifs de Sanguinière et Restefond, les poudingues ont généralement moins d'une dizaine de mètres d'épaisseur, ils renferment des galets de diamètre moyen : 4,5 cm (60 cm maximum), globuleux et arrondis, à matériel endogène dominant.

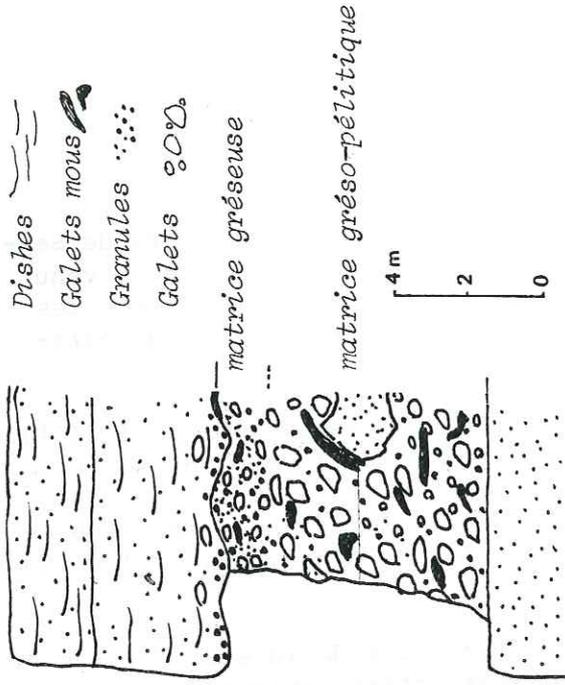
On observe également des morceaux de bancs de Grès d'Annot emballés dans la matrice : blocs de grès (fig. 52 a) et "paquets" de turbidites fines couramment slumpés (fig. 52 b).



a) Blocs de Grès d'Annot emballé dans le poudingue. Vallon de l'Estrop.



b) "Paquet" de turbidites fines slumpé dans le poudingue. Vallon des Sagnas à l'Est du col de la Moutière.



c) Coupe du niveau de poudingue du vallon de Sanguinière (épaisseur décamétrique)



d) Coupe du niveau de poudingue du Bec de Marseille (épaisseur réduite).

Fig. 52: les poudingues à matrice grésopéltitique de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

La matrice (80 % du volume) est un grès brun, friable, riche en argile.

Le conglomérat n'est jamais ravinant, mais par contre toujours raviné par les grès sus-jacents (fig. 52 c, d).

On n'y note pas d'organisation interne, tout au plus un granoclassement fruste des galets dans les derniers centimètres, accompagné d'une perte en argile de la matrice. Les galets ne semblent pas orientés.

Nous avons vu que localement, les poudingues peuvent s'amincir et disparaître latéralement (comme au Bec de Marseille, à la Tête-Ronde, ...). La matrice est alors plus gréseuse, les galets plus petits et grossièrement granoclassés (fig. 52 d).

Mode de mise en place

Chaque niveau correspond à une coulée boueuse sous-marine, entraînant sur le talus continental un grand volume de sédiments (sables, galets). Les coulées sont probablement engendrées par des épisodes catastrophiques sur le continent ou sur la plate-forme continentale (séismes ?, crues ?, effondrement de flancs de canyon ?).

Grâce à leur richesse en argile, elles sont aptes à s'étaler sur des surfaces importantes (environ 150 km² dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera) et constituent donc d'excellents niveaux-repères.

La disparition latérale des conglomérats peut être locale et liée à la topographie du fond marin ou traduire les limites d'extension de la coulée en liaison avec son volume initial.

Ces coulées ont été canalisées par la dépression sous-marine ouest-Argentera. Elles sont probablement issues du SE/SSE, comme le reste du matériel de la série gréseuse. Cependant, les possibilités de mesure de direction de courant sont très limitées dans ce faciès : quelques traces de galets traînés au toit du banc de grès sous-jacent, mesure des axes de slumps des "paquets" de turbidites fines, mesure d'orientation des galets les plus allongés.

Place dans les classifications des faciès turbiditiques

- Faciès A2 de MUTTI ;
- Debris-flow des auteurs anglo-saxons.

Ces dépôts sont engendrés par "debris flow" : type d'écoulement gravitaire dans lequel les éléments (galets, blocs) sont "supportés" par la matrice ("matrix strength" - "matrix supported beds").

N.B. Une étude pétrographique, morphométrique et granulométrique détaillée des niveaux de poudingues est présentée dans la deuxième partie de ce mémoire.

B - LE FACIES GRESO-PELITIQUE

Ce faciès correspond à une superposition de turbidites de BOUMA (d'épaisseur centimétrique à décimétrique), tronquées à la base et ne présentant que les séquences Tbe ou Tce (fig. 53).



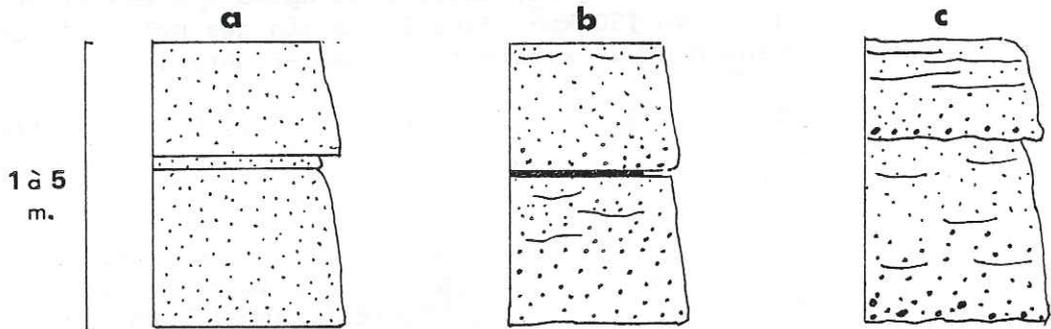
FIG.53: FACIES GRESO-PELITIQUE

"thin-bedded turbidites".
Affleurement du col de la Cayolle

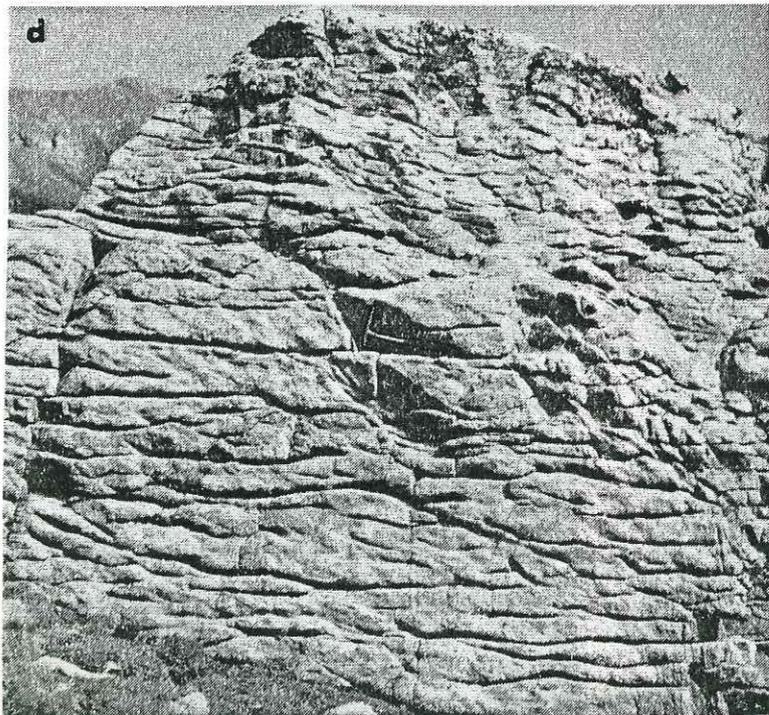
FIG.54: FACIES GRESEUX

LES BANCS DE GRES HOMOGENES

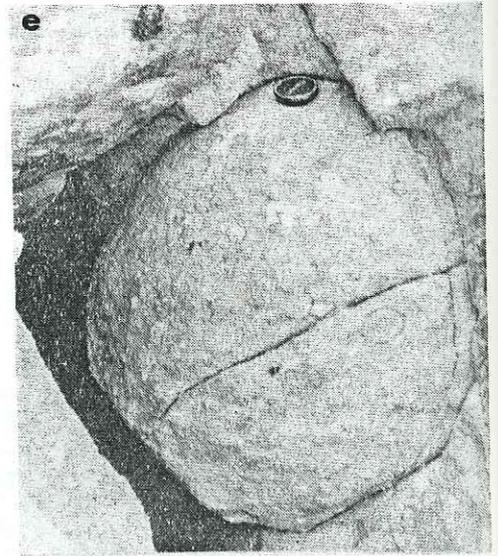
Divers types de bancs de grès homogène: a) sans structure interne, la granulométrie reste constante sur toute l'épaisseur du banc b) granoclassement fruste, quelques "dishes" c) granoclassement fruste avec quelques granules disséminés à la base.



d) banc massif de grès homogène à dishes



e) " canon-ball concretion."
figure de diagenèse précoce
dans un banc de grès homogène



Ces niveaux sont parfois riches en débris végétaux et fréquemment bioturbés. En sommet de séquence, apparaissent très rarement des niveaux hémipélagiques. Il s'agit de calcaire argileux à patine claire.

Des bancs de grès homogène (d'épaisseur décimétrique plus rarement métrique) peuvent s'intercaler dans les turbidites fines.

Ce faciès est classique dans les séries à turbidites : faciès D de MUTTI, "thin-bedded turbidites" de WALKER.

Le terme de "turbidites distales" employé quelquefois est à proscrire, car le faciès peut se développer aussi bien dans les parties distales que proximales d'un cône sous-marin (MUTTI, 1977).

Il est important de noter que dans la série Grès d'Annot étudiée, les "thin bedded turbidites" se développent sur des épaisseurs modestes (moins de 20 mètres), mais que ces niveaux peuvent présenter une forte extension latérale (la "vire-repère" en particulier, s'étend sur la quasi-totalité du massif de Sanguinière).

C - LES BANCS DE GRES HOMOGENE

Ce sont généralement des bancs d'épaisseur moyenne (décimétriques à métriques), à épontes planes. L'ensemble du banc est constitué d'un grès homogène (fig. 54 a) ou faiblement granoclassé (fig. 54 b, c) que l'on peut assimiler au terme A de la turbidite de BOUMA.

Ce faciès peut se développer sur des épaisseurs de série variable. Les strates sont juxtaposées ou séparées par des joints de pélites brunes ou de turbidites très fines.

Les séquences de BOUMA complètes, sont très rares. On observe parfois le développement du terme à laminites.

Les structures internes les plus fréquentes dans ce faciès sont des figures d'échappement d'eau ("Dishes") qui peuvent être très développées dans certains bancs de grès homogènes particulièrement épais (fig. 54 d). Des sphères gréseuses atteignant 50 cm de diamètre peuvent apparaître dans les bancs de grès homogène : Ce sont des "canon ball concretions" (fig. 54e).

L'extension latérale des bancs est variable, certains sont chenalisés, d'autres gardent une épaisseur constante sur de grandes distances latéralement (plusieurs centaines de mètres, quelques kilomètres).

Selon l'épaisseur des bancs, l'absence ou la présence d'interlits (gréso-) pélitiques ou de "Dishes", les bancs de grès homogènes se rapprochent des turbidites proximales (succession Ta, Ta, Ta, ...) ou des "Massive Sandstones" de la classification de WALKER. Ils sont également comparables aux faciès C1 et plus rarement B1 de MUTTI.

D - LES BARRES A GRANULES (grès hétérogènes) (fig. 55)

Ce faciès est caractérisé par l'occurrence de nombreux granules de roches (dont le diamètre varie de quelques millimètres à 2,5 cm) associées à



A/barre à granules ravinant un niveau de poudingue à la Baisse de Marseille (massif du Bec de Marseille).

La partie inférieure de la barre à granules est riche en granules et en galets mous (cf.photo B).

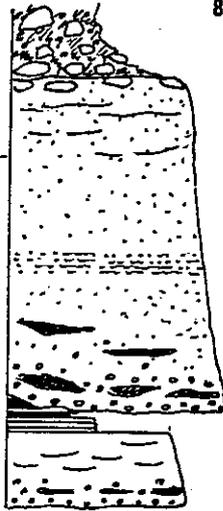
La partie supérieure présente un matériel homogène "découpé" par des "disks" en coupelles puis de plus en plus plates vers le sommet du banc.

B/granules et galets mous concentrés dans la partie inférieure d'une barre à granules (détail de la photo A).



FIG. 55 : FACIES TURBIDITIQUES GRESEUX: LES "BARRES A GRANULES".

Poudingue supérieur
 Grès moyen à dishes
 Grès grossier
 Grès à laminites grossières
 Grès grossier
 Granules+galets mous
 Base ravinante

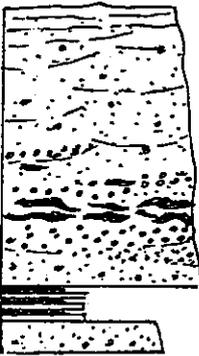


5m

C/EXEMPLES D'ORGANISATIONS INTERNES DE BARRES A GRANULES.

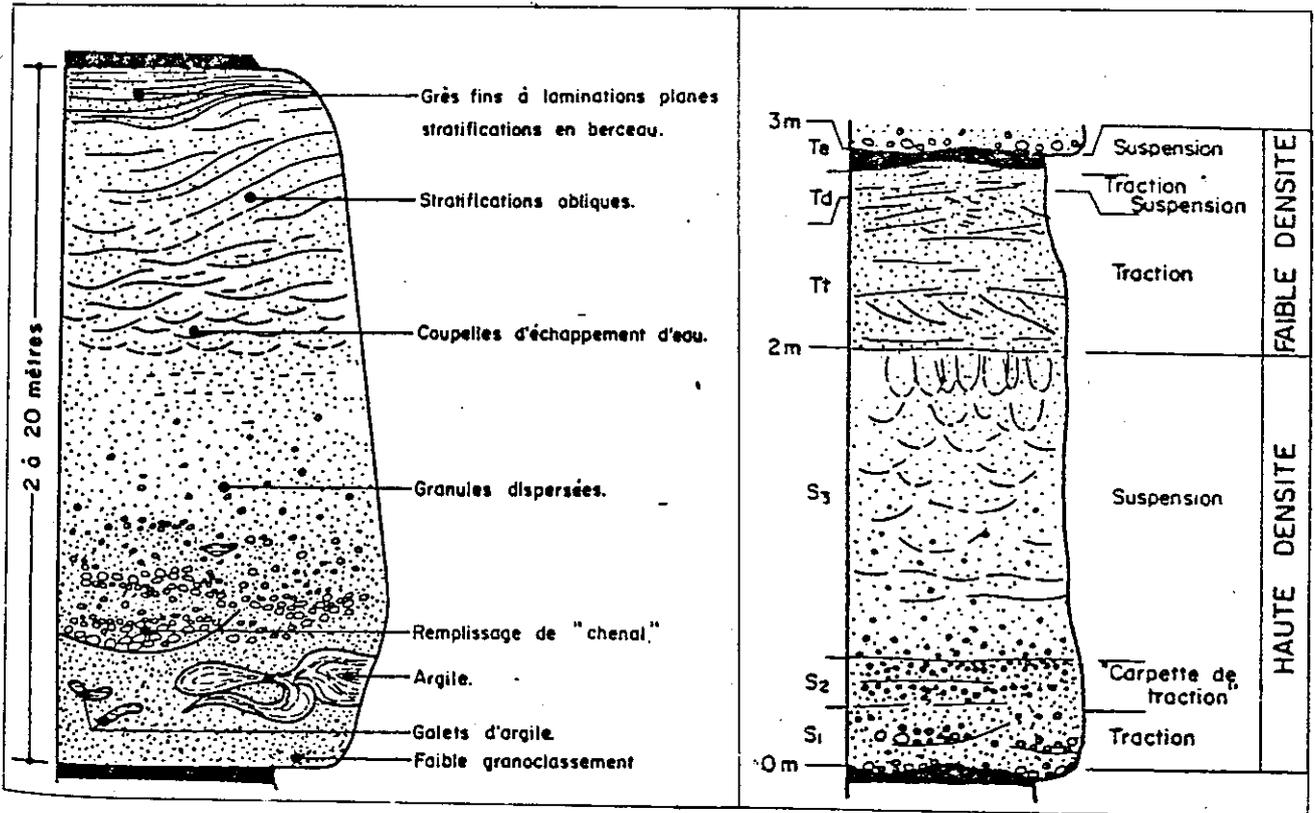
c1:détail de la coupe de la cabarie du Berger de l'Estrop.

Grès fin à dishes aplaties
 Grès grossier à moyen à dishes en coupelles
 Passées à granules
 Niveau à galets mous décimétriques
 Semelle de grès homogène
 base non ravinante



5m

c2:détail de la coupe de la Petite-Tour du Lac d'Allos (face sud, alt.:2610 m).



D/BARRE A GRANULES:MODELE DE CREMER (1983).

E/TURBIDITE SABLEUSE DE HAUTE DENSITE d'après LOWE (1982).

des galets mous. Ils sont généralement concentrés à la base et dans la partie inférieure du banc, en passées irrégulières, ce qui confère aux barres à granules une grande variation latérale d'organisation interne dans le détail.

Ce faciès est généralement représenté dans les bancs épais (quelques mètres à 20 mètres d'épaisseur), mais on observe aussi des granules dans les strates plus minces.

La base peut être ravinante ou parfaitement plate (ce qui est en général lié à la présence de quelques décimètres de grès homogènes sous les premiers granules).

Les parties médiane et supérieure du banc sont constituées d'un matériel plus homogène, avec un granoclassement fruste. Les figures d'échappement d'eau sont en coupelles dans la partie médiane et deviennent plus lâches et nombreuses vers le sommet.

Ce faciès n'a pas d'équivalent net dans les classifications de WALKER et de MUTTI (pebbly sandstone? massive sandstone avec figures d'échappement d'eau?). Pour RAVENNE et CREMER (1983), les barres à granules sont comparables au modèle de turbidite sableuse de haute densité de LOWE (1982) (fig. 55 d et e).

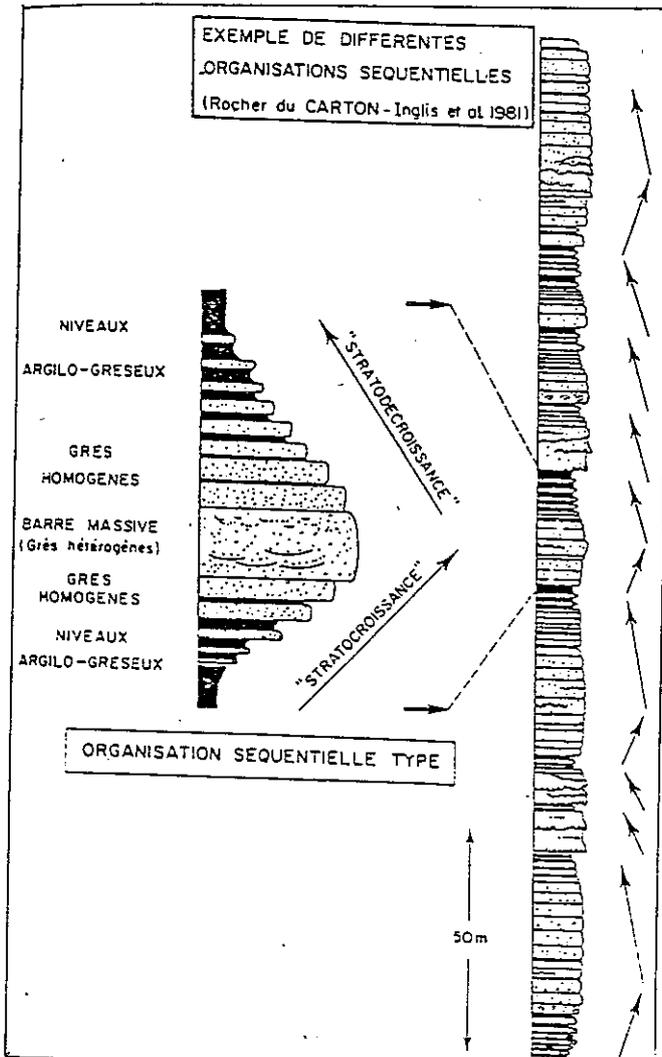
Les barres à granules peuvent présenter une extension latérale kilométrique. Elles ont probablement une forme en lentille, très aplaties ou constituent le remplissage de chenaux peu marqués. Elles permettent alors de corréliser des coupes proches. Il existe également des barres à granules nettement chenalisées (à la Montagne de l'Avalanche par exemple, fig. 25).

III - SIGNIFICATION DES FACIÈS TURBIDITIQUES - ORGANISATION INTERNE DE LA SÉRIE GRÈS D'ANNOT OUEST-ARGENTERA - BRÈVE REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS

A - LES TRAVAUX DE STANLEY (1975, 1978)

Pour cet auteur, les assises gréseuses et notamment les barres à granules de la série des Tours du lac d'Allos correspondent au remplissage grossier de chenaux relayant directement le canyon d'Annot. Les niveaux grésopélitiques représentent les dépôts interchenaux de levées et de débordement. Il s'agit d'une association de cône interne.

Outre les problèmes de corrélations entre la série à turbidites d'Annot s.s. et celles situées plus au Nord (cf. chapitre II), la principale objection à l'interprétation de STANLEY est l'absence de chenalisations importantes de type distributaires efficaces dans la série Grès d'Annot ouest-Argentera. Les chenaux les plus marqués sont de type éphémère. Celui de la montagne de l'Avalanche par exemple (fig. 25 p. 45) a des dimensions modestes et est comblé en un seul épisode de dépôt. Enfin, les barres à granules ont souvent une forte extension latérale et ne constituent donc pas uniquement le remplissage de chenaux.



← Fig. 56a: organisation séquentielle et séquence cyclique-type des séries Grès d'Annot des massif des Trois-Evêchés, du Grand-Coyer et de Sanguinière. Modèle de RAVENNE et CREMER (in CREMER 1983).

↓ Fig. 56b: processus de formation d'une séquence-type (prémices, épisode catastrophique, répliques). Hypothèse RAVENNE (1983).

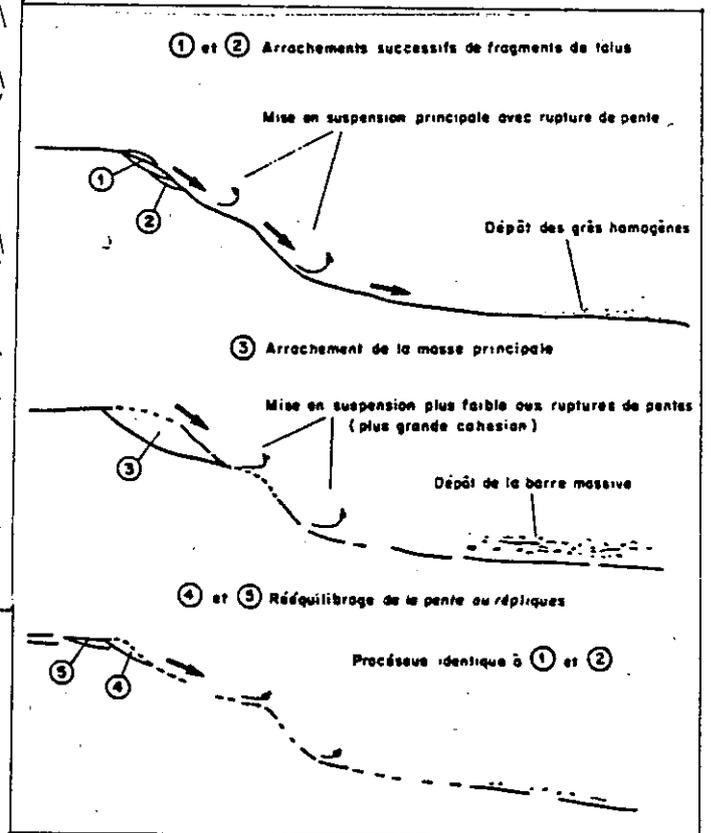
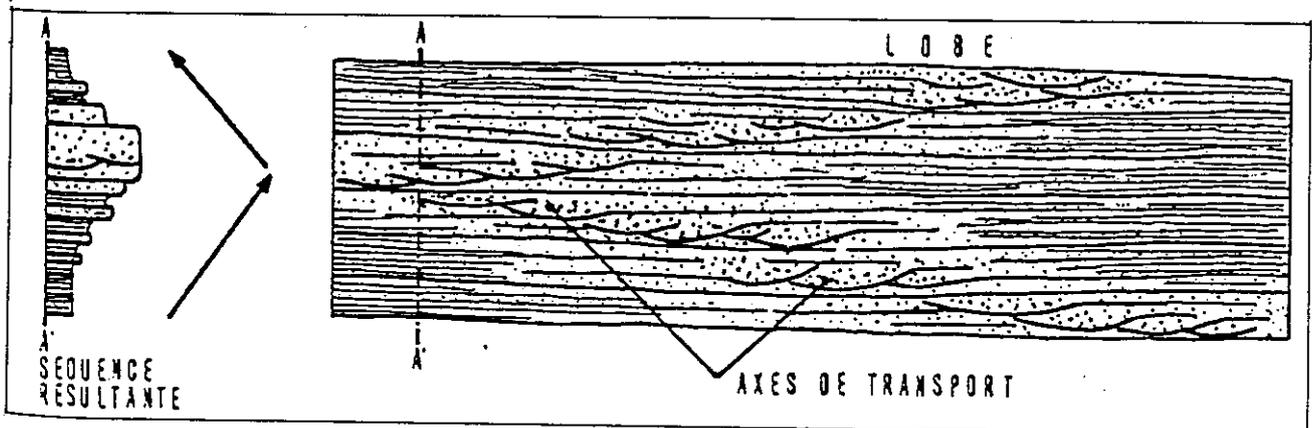


Fig. 56c: processus de formation d'une séquence-type par balayage de lobes. Hypothèse CREMER (1983).



B - LES TRAVAUX DE CREMER ET RAVENNE (1981, 1983)

Ils portent sur les affleurements du Grand-Coyer de la chaîne des Trois-Evêchés et du massif de Sanguinière.

1) Les problèmes de relations verticales entre les faciès

L'organisation séquentielle de la série Grès d'Annot est modélisée par ces auteurs comme une succession verticale de séquences cycliques associant barres à granules (grès hétérogènes), grès homogènes et turbidites fines (fig. 56 a).

Mes propres observations suggèrent que l'organisation verticale de la série ne se ramène pas à un seul type de séquence. La figure 57 a montre de bas en haut une séquence strato- et grano-décroissante, une séquence cyclique, une séquence stratocroissante. D'autres types d'organisations plus complexes sont également fréquentes. La position des barres à granules dans les séquences gréseuses semble donc assez variable. On les observe toutefois plus souvent vers la base. Il existe aussi des assises gréseuses, uniquement constituées de barres à granules (fig. 57 b) ou de bancs de grès homogènes (fig. 57 c).

La forme des séquences ne semble donc pas constituer une clé pour l'analyse de la série Grès d'Annot ouest-Argentera, alors que dans de nombreuses séries à turbidites, les séquences stratodécroissantes ou stratocroissantes caractérisent nettement un contexte chenalisé ou non chenalisé (MUTTI, 1979, GHIBAUDO, 1980).

2) Le problème des variations latérales de faciès

a) Pour RAVENNE et BEGHIN (1983)

Les observations de terrain et les expériences de déclenchement de bouffées turbides en canal (C.E.M.A.G.R.E.F. St Martin d'Hères) montrent que l'agencement séquentiel cyclique est lié à une variation non aléatoire du volume des apports turbiditiques dans le temps. Cette variation correspond à des épisodes catastrophiques successifs (mise en mouvement de grandes quantités de matériaux résultant de séismes, déstabilisation de flanc de canyon, épisodes catastrophiques, crues sur le continent, ...) qui comportent chacun trois phases (fig. 56 b) :

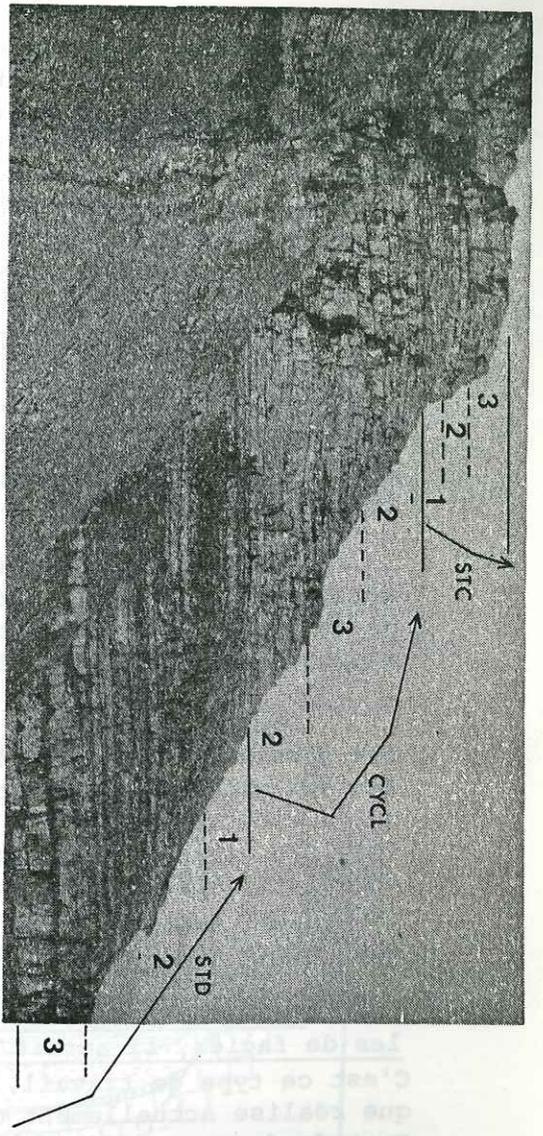
1- Petites déstabilisations ou séismes "prémonitoires" induisant le détachement de petits paquets de la masse principale (écoulement en bouffées turbides). Il en résulte le dépôt des grès homogènes de la partie stratocroissante de la séquence.

2- Episode catastrophique majeur : mise en mouvement de la masse de sédiments. Dépôt de la barre massive centrale.

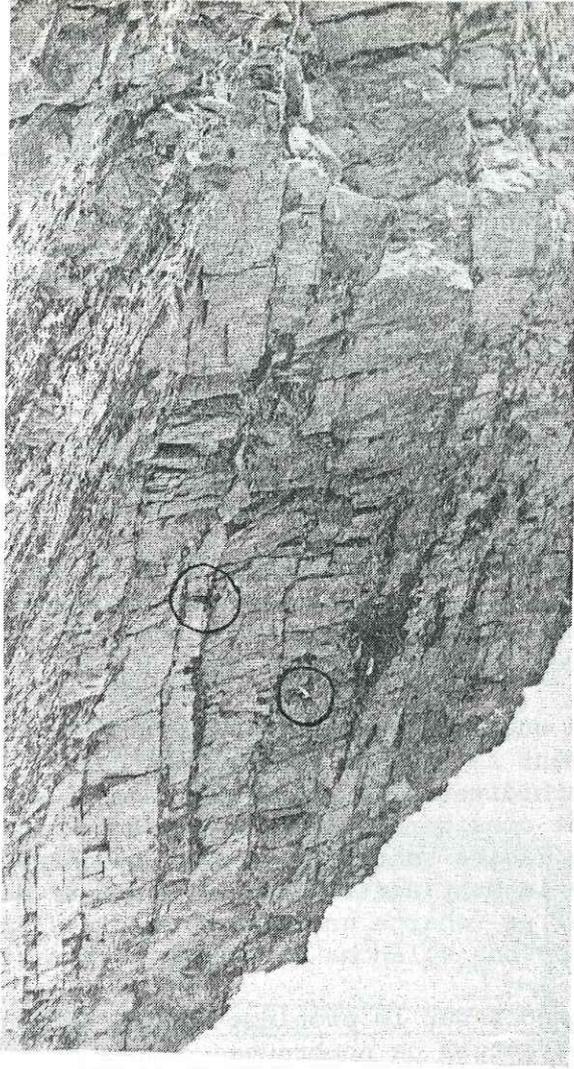
3- Répliques du séisme. Même processus que 1. Dépôt des grès homogènes de la partie stratodécroissante de la séquence.

Les séquences n'ayant pas l'agencement cyclique net sont interprétées comme le résultat de l'enchaînement rapide de déstabilisations.

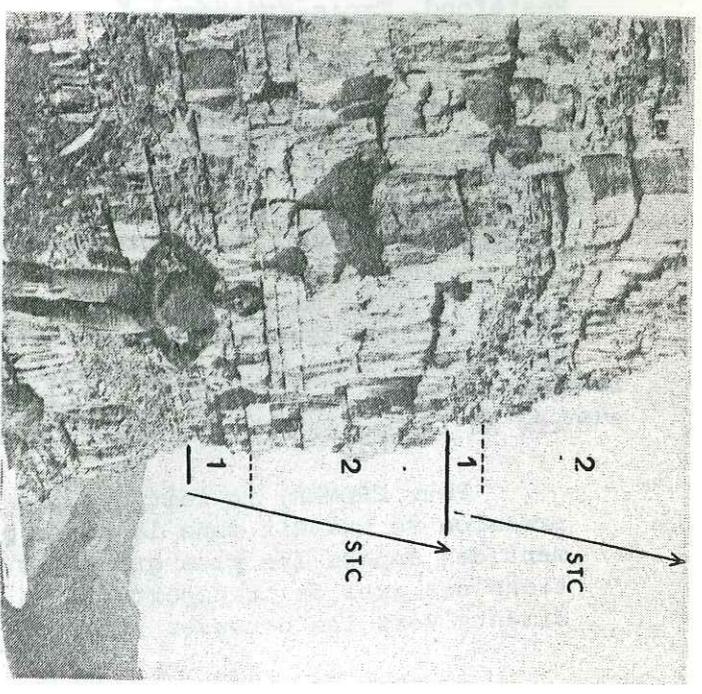
Dans le modèle de RAVENNE, il n'y a pratiquement pas de variation latérale de faciès. "L'extension latérale des barres à granules et des bancs de grès homogènes semble très grande (plusieurs centaines de km²)".



A/col de la Moutière. 3 séquences différentes superposées



B/col de la Boucharde. Pas d'organisation séquentielle décelable



C/col de la Roche-Trouée. Petites séquences négatives

Fig. 57: divers aspects de l'organisation séquentielle de la série Grès d'Amot ouest-Argentera.

FACIES TURBIDITTIQUES:

- 1: niveaux grésopélitiques (turbidites fines)
- 2: bancs de grès homogène
- 3: barres à granules

ALLURE DES SEQUENCES:

- STC: strato et grano (positive)
- STD: ----- décroissante (positive)
- CYCL: cyclique

En fait, l'extension latérale des corps gréseux, c'est à dire des assises gréseuses constituées de barres à granules et/ou des grès homogènes, est probablement inférieure au chiffre proposé par RAVENNE. On a vu qu'il était impossible d'effectuer des corrélations entre coupes même assez proches en l'absence des niveaux repères de poudingue. Une dimension de quelques km² ou de quelques dizaines de km² maximum nous semble plus raisonnable (pour une épaisseur de 10 à 100 mètres). Il existe donc des variations latérales de faciès à l'intérieur de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

b) Pour CREMER (1983)

Les apports sableux sont à peu près constants en volume. Les dépôts s'organisent en lobes successifs avec au centre, dans l'axe de transport, les dépôts les plus épais : barres à granules, latéralement les dépôts deviennent plus minces : grès homogènes puis turbidites fines.

Ces formes en lentilles entretiennent une morphologie du fond marin assez contrastée pour induire le déplacement des axes de transport (balayage de lobes). "La séquence cyclique peut s'interpréter comme le reflet du rapprochement puis de l'éloignement d'un axe de transport" (fig. 56 c).

Dans la série Grès d'Annot ouest-Argentera, il n'est malheureusement pas possible d'observer directement le passage latéral des barres à granules aux grès homogènes et aux turbidites fines. Les très nombreuses failles qui accidentent la série limitent considérablement les observations latérales. Les variations latérales de faciès sont tout au plus suggérées par les corrélations entre coupes. Entre le Mont Bertrand et la Montagne de l'Avananche par exemple, l'ensemble G2 se charge en turbidites fines apparaissant entre les bancs de grès homogènes (planche de coupes hors-texte).

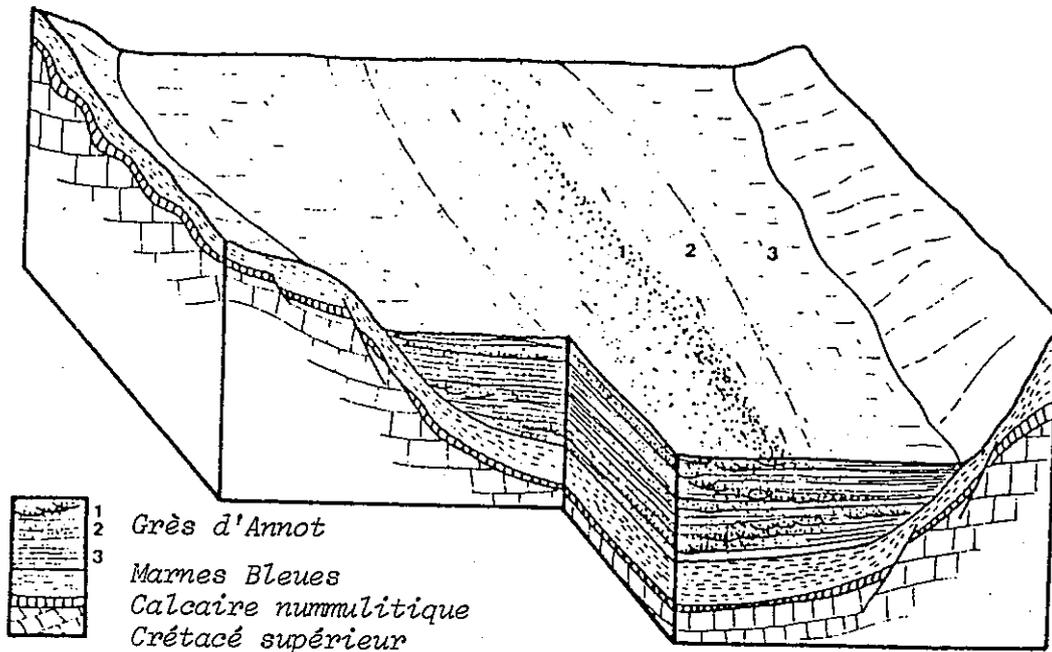
Pour avoir des arguments précis sur le problème des variations latérales de faciès, il aurait fallu effectuer de nombreuses coupes détaillées. C'est ce type de travail, déjà amorcé par VALLINO et BOBBA (1982, inédit) que réalise actuellement G. GHIBAUDO sur les affleurements de Sanguinière, Restefond, Trois-Evéchés.

Néanmoins, on peut assimiler les corps gréseux à des lentilles très plates (10 à 100 mètres d'épaisseur pour quelques km d'extension latérale), séparées par des turbidites fines. Nous ne sommes pas en mesure de modéliser leur organisation interne, mais elle est différente des modèles classiques de "lobes" (séquences stratocroissantes, absence de chenalisations, ...).

De plus, il paraît difficile d'envisager des phénomènes de balayage de lobes, compte tenu des dimensions de la dépression ouest-Argentera par rapport à celle des corps gréseux. Les barres à granules de la base de la Cime Dieu de Delfy, par exemple, s'étendent probablement d'une bordure à l'autre de la dépression qui n'excède pas 4 km de large dans ce secteur.

Pour CREMER, le fait que les turbidites soient canalisées par une dépression se traduit dans la série gréseuse du Grand-Coyer par un cantonnement des dépôts les plus grossiers dans l'axe du bassin, malgré les migrations des axes de transport. (Il en résulte un affinement généralisé des sédiments vers les bordures -fig. 58-).

Dans la série ouest-Argentera, on n'observe pas cette tendance. Les barres à granules en particulier viennent se coincer contre les bords du bassin (base de la Montagne de l'Avalanche, base de la Cime Dieu de Delfy, cf. planche de coupes hors-texte). On ne note d'ailleurs pas non plus d'affinement des sédiments du SSE vers le NNW (sous-courant).



- 1 - Grès hétérogènes, axe des lobes
- 2 - Grès homogènes
- 3 - Niveaux argilo-silteux

Fig. 58: schéma de l'organisation de la série Grès d'Annot des affleurements du Grand-Coyer. D'après CREMER (1983). On notera l'affinement des dépôts vers les bordures de la dépression.

Là encore, il faut tenir compte de la forte extension latérale des corps gréseux par rapport aux dimensions modestes de la dépression.

IV - LES PRINCIPAUX CARACTERES DU CÔNE SOUS-MARIN PROFOND OUEST-ARGENTERA

La série Grès d'Annot ouest-Argentera présente un certain nombre de caractères particuliers :

- Les sables se sont accumulés dans une dépression étroite d'axe SSE NNW qui a canalisé le tiers inférieur de la série turbiditique au moins (apports du SE-SSE vers le NW-NNW). L'influence de la dépression est probablement moins forte dans les parties supérieures de la série, en effet, les apports sont de l'Est vers l'Ouest dans les Grès d'Annot des Tours du Lac d'Allos.

Le cône sous-marin profond ouest-Argentera n'est donc pas un éventail sous-marin (DEEP SEA FAN) classique, s'édifiant radialement au débouché d'un canyon.

- Les déformations tectoniques contemporaines de la sédimentation des Calcschistes à Globigérines et responsables de la structuration de la dépression ouest-Argentera ont pu continuer pendant le dépôt du tiers inférieur de la série gréseuse (augmentation de l'épaisseur de grès entre les 2 niveaux de poudingues du Sud vers le Nord du bassin).

- La série gréseuse est essentiellement constituée de dépôts turbiditiques grossiers accumulés sur 1000 mètres d'épaisseur environ. On se situe donc dans la zone d'accumulation des sables d'un cône sous-marin profond à basse efficacité de transport.

Il est intéressant de noter que dans ce type de cône, le canyon d'alimentation atteint généralement la zone côtière pour y piéger des sables "propres" (NORMARK, 1978). La plate-forme continentale est donc très étroite, ce qui sera confirmé par l'analyse morphométrique des galets des poudingues (2ème partie, chapitre 2).

- La série se présente comme une accumulation de corps gréseux en grandes lentilles plates se recouvrant mutuellement et séparées par des turbidites fines. Quelques chenalisations de dimension modestes apparaissent localement dans ces corps gréseux.

Dans le modèle de cône à basse efficacité de transport de MUTTI (1979) la zone d'accumulation des sables se présente différemment puisqu'il s'agit d'une succession de dépôts de chenaux éphémères se ravinant mutuellement généralement sans occurrence de turbidites fines.

- L'organisation interne de la série me semble rester globalement la même sur toute son épaisseur. Je n'ai donc pas pu mettre en évidence d'indice net de progradation de l'appareil détritique. Cependant, il aurait fallu effectuer d'avantage d'analyses séquentielles de détail dans la série. L'absence de progradation reste donc hypothétique.

La série conserve en outre une organisation interne globalement identique latéralement et "sous-courant".

On peut envisager que cette constance d'organisation, au moins apparente, verticalement et latéralement soit à mettre en relation avec le confinement des dépôts dans un bassin étroit.

- Enfin, nous pouvons estimer, mais de façon très imprécise, le taux de sédimentation et la profondeur de dépôt de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

- Le taux de sédimentation serait pour CREMER (1983), de 30 cm par 1000 ans (calcul effectué à partir des datations de Nannoplancton I.F.P.). La sédimentation des 1000 mètres de la série aurait donc duré 3 millions d'années (zones NP 18 à NP 20). Ainsi, on aurait des turbidites de gros volume (barres à granules en particulier), mais de fréquence limitée.

En fait, il est plus probable que la durée de la sédimentation ait été plus courte, donc le taux de sédimentation plus fort, car les datations n'ont pas toujours été effectuées sur de vraies hémipélagites et présentent sans doute beaucoup de faune remaniée.

- La profondeur des dépôts peut être située entre 1000 et 1500 mètres par comparaison avec les cônes sous-marins profonds actuels, ce qui s'accorde avec la profondeur d'environ 900 mètres, fixée par MOUGIN (1978) pour les premières arrivées gréseuses à Annot.

V - CONCLUSION

L'édification de la série à turbidites Grès d'Annot ouest-Argentera a été contrôlée par deux facteurs principaux :

- La physiographie du bassin-récepteur des sédiments qui a canalisé les écoulements turbiditiques. Cette dépression étroite, d'axe SSE-NNW, relayait un canyon situé plus au Sud et se prolongeait peut-être vers le NW en direction des Trois Evêchés.

- La nature grossière et la pauvreté en argile des sédiments. Il en résulte une faible mobilité des masses sédimentaires mises en mouvement qui ont tendance à s'accumuler dans des zones assez proximales par rapport au canyon d'alimentation.

La série Grès d'Annot ouest-Argentera s'est déposée dans la zone d'accumulation des sables d'un cône à basse efficacité de transport. Mais, elle se distingue des séries à turbidites sableuses grossières jusqu'à présent, mentionnées dans la littérature (PIPER et al., 1978 ; MUTTI et PAREA, 1975) par une organisation interne complexe en grandes lentilles gréseuses plates (constituées de turbidites grossières), séparées par des turbidites fines.

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE 4

RELATIONS GRÈS D'ANNOT - "SCHISTES A BLOCS"
A L'OUEST DE L'ARGENTERA

I - INTRODUCTION

II - MODALITÉ DE PASSAGE GRÈS D'ANNOT-"SCHISTES À
BLOCS"III - GÉOMÉTRIE DU CONTACT STRATIGRAPHIQUE GRÈS D'ANNOT-
SCHISTES À BLOCS - OBSERVATIONS PONCTUELLESIV - GÉOMÉTRIE DU CONTACT GRÈS D'ANNOT - SCHISTES À
BLOCS À L'ÉCHELLE DU BASSIN DES GRÈS D'ANNOT
OUEST-ARGENTERA

V - CONCLUSION

I - INTRODUCTION

Le terme de "Schistes à blocs" désigne la formation terminale de la série nummulitique autochtone. Jadis englobée dans le "flysch noir" allochtone, elle a été reconnue comme couverture stratigraphique normale des Grès d'Annot par KERCKHOVE (1964, 1968, 1969) qui l'a interprétée comme un olistostrome précurseur de l'arrivée de la nappe d'Autapie dans le bassin nummulitique (début de l'Oligocène).

Le contact de ces argiles à blocs, mélange de boues éocènes et de blocs de matériel exotique, sur les Grès d'Annot ouest-Argentera est en effet généralement stratigraphique. Cependant, une partie de cette formation est en position plus ou moins parautochtone quand elle a été entraînée à la semelle des nappes. Ces niveaux n'excèdent pas quelques dizaines de mètres d'épaisseur.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux modalités de passage grès-"Schistes à blocs" autochtones et à la géométrie du contact de ces deux formations d'abord à petite échelle puis à l'échelle du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera tout entier.

II - MODALITÉS DE PASSAGE GRÈS D'ANNOT - "SCHISTES À BLOCS"

La coupe de la figure 59 est assez représentative de l'aspect du passage des Grès d'Annot aux "Schistes à blocs" autochtones dans le massif de Restefond et la partie nord du massif de Sanguinière. Je n'ai pas effectué de coupe de détail plus au Sud où les Schistes à blocs affleurent très peu et sont difficilement accessibles (Tête de Sanguinière, Sanguineirette).

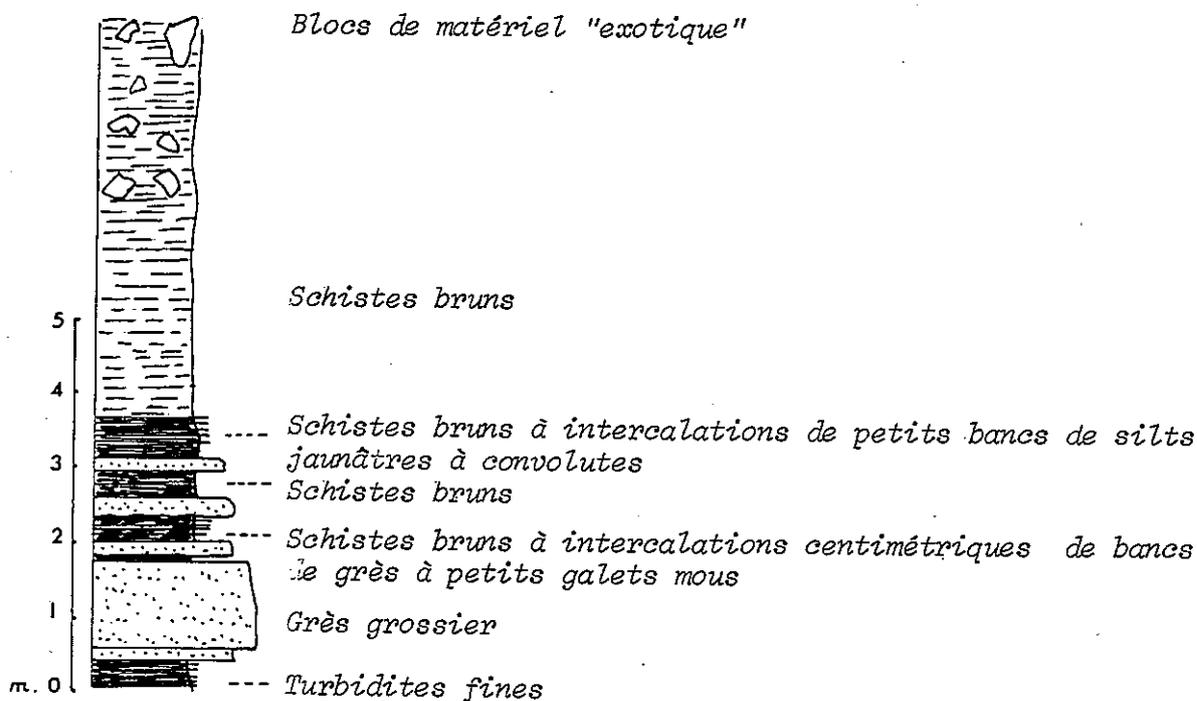


Fig. 59: passage Grès d'Annot-Schistes à blocs dans le vallon de Restefond (sous la piste Restefond-Bayasse).

Dans les derniers mètres de série gréseuse, on observe des niveaux de "schistes" bruns de quelques décimètres d'épaisseur que l'on pourrait interpréter comme les prémices de l'arrivée de la masse boueuse principale. Les figures de courant à la semelle des dernières turbidites gréseuses indiquent toujours des apports depuis le SE et le SSE vers le NW et le NNW dans le massif de Restefond.

Parallèlement, l'influence de la sédimentation gréseuse se fait encore sentir dans les premiers décimètres des Schistes à blocs puisqu'on y observe quelques bancs centimétriques de silts jaunâtre à convolutes.

L'arrivée des coulées boueuses dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera est donc brutale. Elle n'est pas "annoncée" par une modification de la nature de la sédimentation gréseuse comme c'est le cas dans la chaîne des Trois-Evêchés ou dans les affleurements du Grand-Coyer où les dernières turbidites Grès d'Annot sont des turbidites fines (niveau des "Marnes brunes supérieures" d'INGIS et al., 1981).

Les "Schistes à blocs" sont probablement issus du NE (INGLIS et al., 1981). Pour ma part, je n'ai pas trouvé d'indice de direction de courant dans cette formation.

Les blocs n'apparaissent dans les "schistes" sombres que quelques mètres au-dessus du contact. Ce sont essentiellement des blocs de matériel issu des nappes (grès, calcaires, ...), de taille variable, arrondis ou anguleux. Des galets de silts à laminites ou à convolutes rappellent les bancs indurés des "thin bedded turbidites" de la série Grès d'Annot.

Les nappes reposent en contact tectonique sur les "Schistes à blocs".

III - GÉOMÉTRIE DU CONTACT STRATIGRAPHIQUE GRÈS D'ANNOT - SCHISTES À BLOCS - OBSERVATIONS PONCTUELLES

Dans les massifs de Restefond et de Sanguinière, les Schistes à blocs autochtones reposent à plat ou par ravinement sur les Grès d'Annot.

Les ravinements sont profonds de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Ils sont particulièrement importants de part et d'autre du col de la Moutière (fig. 60).

Le ravinement des grès ne peut être attribué aux Schistes à blocs eux-mêmes, ces coulées boueuses n'ayant vraisemblablement qu'un très faible pouvoir érosif. A titre de comparaison, les poudingues à matrice grésopélitique qui sont également des coulées boueuses à l'origine, reposent systématiquement à plat sur le banc de grès sous-jacent. Les ravinements sont donc post-grès, anté-Schistes à blocs.

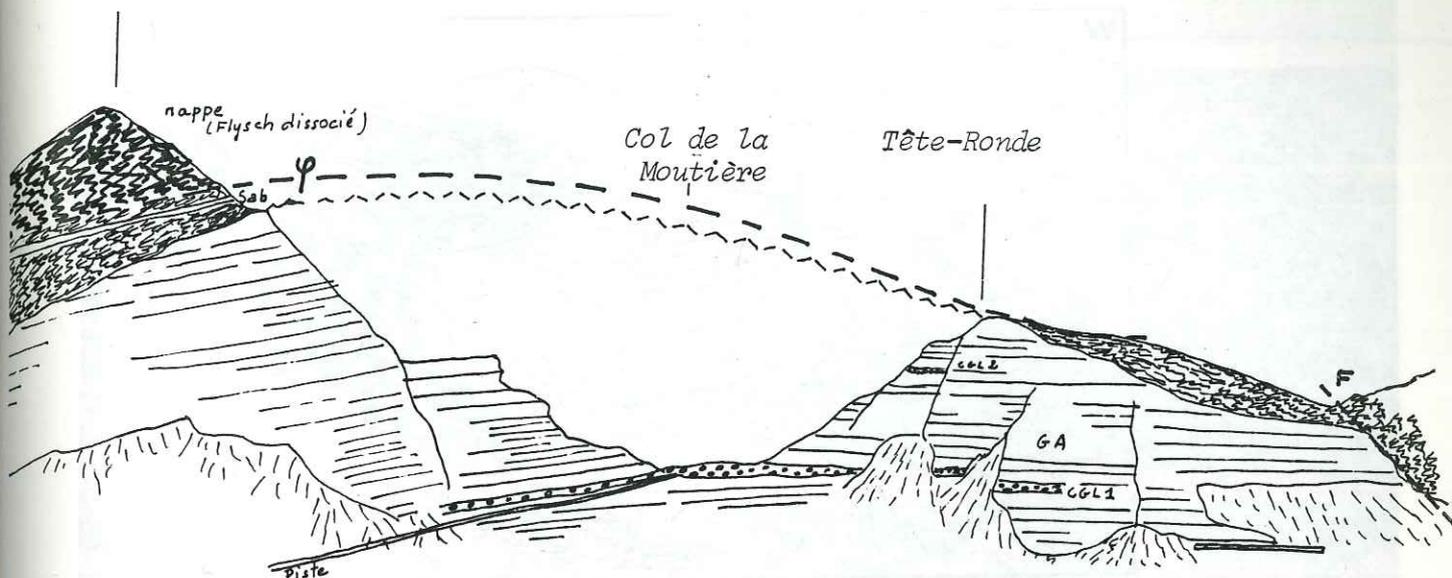


Fig.60: Schistes à blocs (Sab) en contact ravinant sur les Grès d'Annot (GA) de part et d'autre du col de la Moutière. CGL1, CGL2: niveaux-repères de poudingue.

En rive droite du vallon de Restefond (fig. 61 a) et au col de Cime-Plate (fig. 61 b), on a observé des structures particulièrement intéressantes au contact des deux formations. Ce sont des petits plis d'axe SE-NW n'affectant que les derniers bancs gréseux.

A la semelle des bancs plissés, des flute-casts et des groove-casts allongés parallèlement à l'axe indiquent encore des apports sableux du SSE vers le NNW.

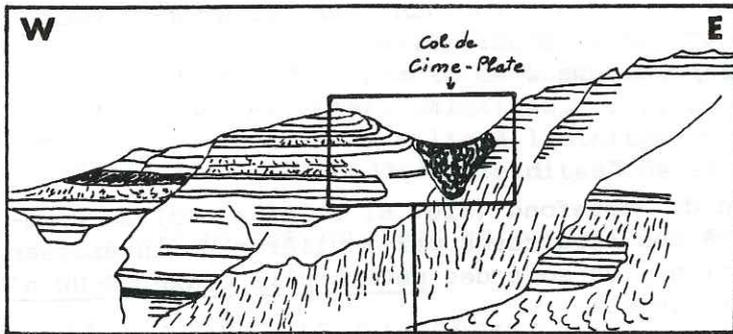
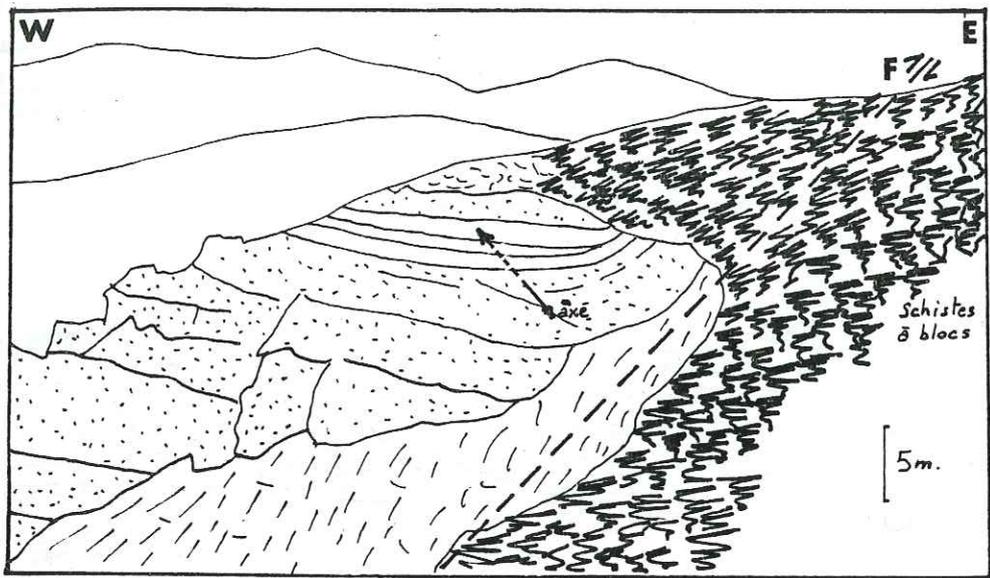
Les argiles à blocs reposent en contact stratigraphique ravinant sur ces structures.

- Des plis présentant les mêmes directions d'axe ont été signalés dans la chaîne des Trois-Evêchés par INGLIS et al. (1981).

- Nous interprétons ces structures comme des slumps affectant les parties sommitales, encore peu consolidées de la formation gréseuse et dont l'occurrence est liée à la création d'une pente vers le SW (axe des slumps SE-NW). Ce changement de paléogéographie a été brutal puisque les ultimes apports sableux sont encore du S E vers le NW dans la série Grès d'Annot du massif de Restefond.

- Les ravinements observés au toit des grès pourraient alors représenter des loupes d'arrachement et de glissement dans les derniers bancs gréseux, presque immédiatement comblées par les argiles à blocs ; le matériel gréseux ainsi remobilisé se mêlant aux coulées boueuses.

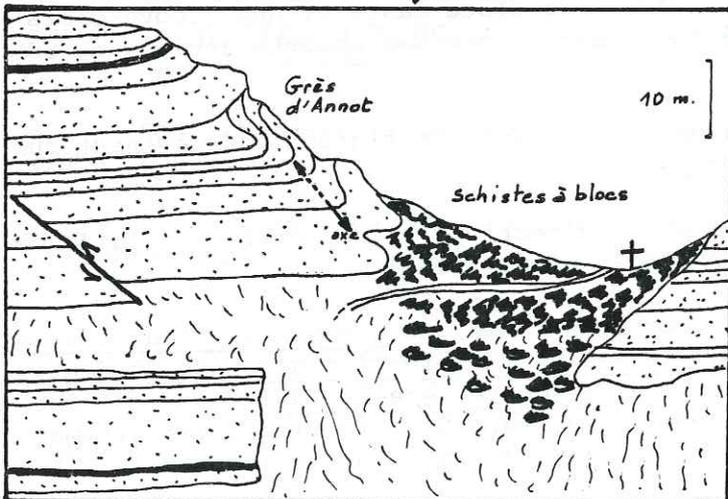
- Une dernière structure particulière a été observée à la Tête de Sanguinière (fig. 62). Il s'agit d'une récurrence de la sédimentation gréseuse au-dessus d'un niveau de "Schistes à blocs" d'environ 20 mètres d'épaisseur. Ce chapeau de grès est figuré comme un lambeau de nappe sur la carte ALLOS au 50 000è. (Calcaires planctoniques). Bien que le contact schistes - grès soit mal exposé au Nord, on peut envisager qu'il s'agisse



↑
A/VALLON DE RESTEFOND

axe du pli : N150

"flute-casts" et "groove-casts"
à la semelle des bancs plissés
indiquant des directions de
courant parrallèles à l'axe
(N145 à N155) et un sens du SE
vers le NW.



B/COL DE CIME-PLATE

axe du pli : N120

figures de courant à la
semelle des bancs plissés
Apports sableux
du SE vers le NW.

Fig.61: slumps dans les derniers bancs de Grès d'Annot des massifs de Sanguinière et de Restefond.

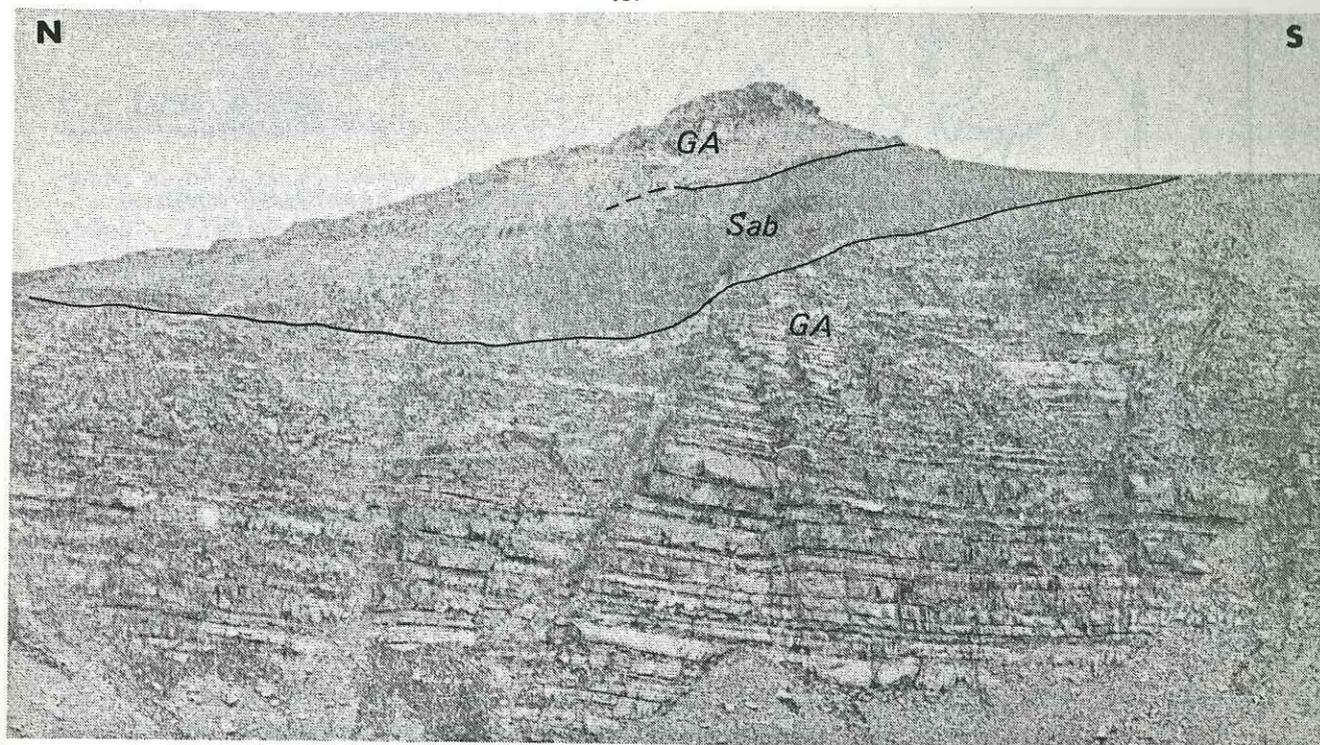


Fig. 62 - Récurrence de la sédimentation Grès d'Annot (GA) au toit des Schistes à blocs (Sab) à la Tête de Sanguinière. Photo U. VALLINO .

d'une indentation latérale des argiles à blocs dans le sommet de la formation gréseuse.

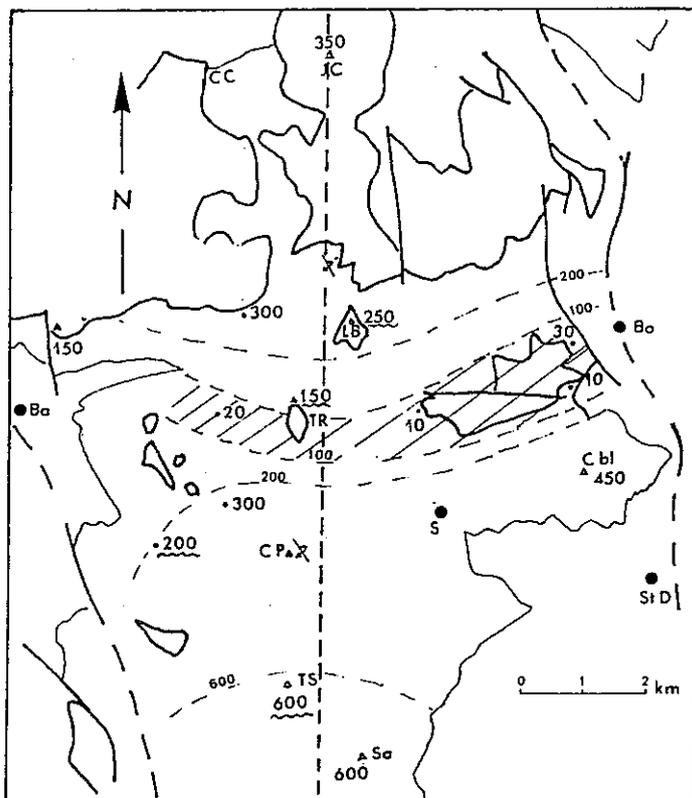
IV - GÉOMÉTRIE DU CONTACT GRÈS D'ANNOT - "SCHISTES À BLOCS" À L'ÉCHELLE DU BASSIN DES GRÈS D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

Dans le chapitre I, nous avons déjà signalé que les "Schistes à blocs" arrivent beaucoup plus haut dans la série gréseuse au Sud qu'au Nord de la région étudiée (compte-tenu des corrélations effectuées dans les grès à partir des niveaux-repères de poudingues).

On peut envisager que les premières coulées boueuses, issues du Nord et du Nord-Est, eurent une extension limitée au massif de Restefond, alors qu'à Sanguinière, la sédimentation gréseuse se poursuivait, alimentée depuis le SE, avant d'être interrompue à son tour.

Cependant, la carte d'isopaques de la tranche de série comprise entre le conglomérat inférieur et les "Schistes à blocs" (fig. 63 a) montre que même dans la partie nord du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera, les argiles à blocs apparaissent à divers niveaux et particulièrement bas dans la série gréseuse sur une aire allongée ENE-WSW de Bousieyas à la Tête-Ronde. Une coupe NS (fig. 63 b) permet de mieux visualiser l'allure du contact grès - "schistes" sur l'ensemble du bassin. Pour INGLIS et al. (1981), il s'agirait d'un véritable canyon entaillé dans les grès par l'érosion sous-marine ("canyon de Tête-Ronde").

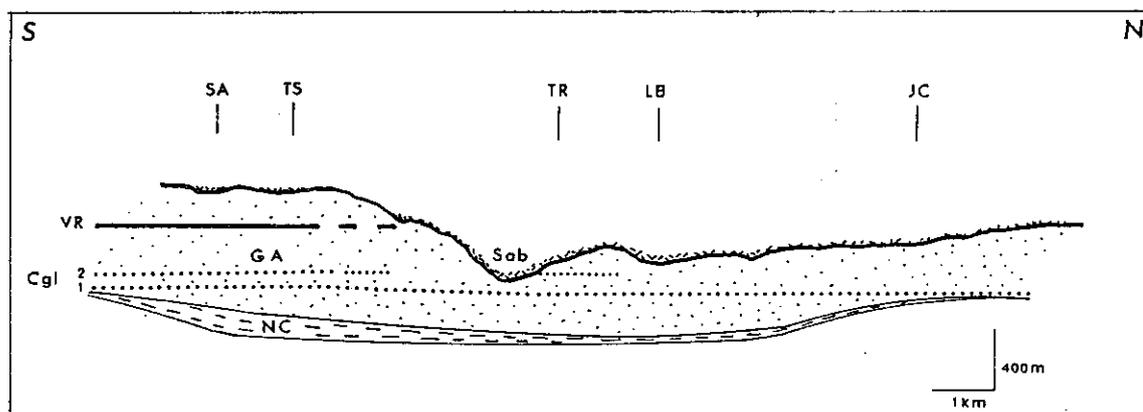
L'origine de cette dépression étroite peut avoir été la même que celle des slumps et des ravinements décrits plus haut : il s'agirait d'un gros arrachement-glisement vers l'WSW d'une partie de l'accumulation turbiditique ouest-Argentera, déterminant une cicatrice en dépression ultérieurement drainée par les argiles à blocs, puis comblée par les nappes.



A/carte d'isopaques de la section
niveau inférieur de poudingue -
toit des Schistes à blocs.

- courbe isopaque
- 600 valeur en un point de mesure
- 150 contact grès - schistes :
plan ou érosif
- ⌘ slump dans les derniers bancs
de grès
- //// zone où les Schistes à blocs
sont situés particulièrement
bas dans la série gréseuse
- tracé de la coupe B

Ba: Bayasse; Bo: Bousièyas; Cbl: crête de la
Blanche; CC: Cre de Clapouse; CP: col de Ci-
me Plate; JC: Jas du Chamois; LB: la Bonnette
S: Sestrière; Sa: Sanguineirette; St D: St-
Dalmas-le-Selvage; TR: Tête-Ronde; Ts: Tête
de Sanguinière.



B/coupe schématique SN dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.

NC: Nummulitique carbonaté; GA: Grès d'Annot; Cgl1-Cgl2: conglomérats-repères; VR: vire-repère;
Sab: Schistes à blocs.

SA: Sanguineirette; TS: Tête de Sanguinière; TR: Tête-Ronde; LB: La Bonnette; JC: Jas du Chamois.

FIG. 63: RELATIONS GRÈS D'ANNOT - SCHISTES À BLOCS DANS LE BASSIN DES GRÈS D'ANNOT OUEST-ARGENTERA.

V - CONCLUSION

Dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera, les "Schistes à blocs", issus vraisemblablement du NE viennent interrompre très brutalement la sédimentation turbiditique sableuse sans période de transition notable (qui pourrait se traduire par une tendance générale à l'enrichissement en niveaux pélitiques de la série Grès d'Annot).

Selon les secteurs, le contact des "Schistes à blocs" s'échelonne sur les 500 derniers mètres de la série gréseuse. On ne peut donc pas le considérer comme une surface isochrone permettant des corrélations entre coupes.

A l'origine de ce dispositif, deux facteurs ont pu se combiner :

- le dépôt des "Schistes à blocs" pourrait être plus précoce au Nord qu'au Sud du terrain où la sédimentation turbiditique "normale" a pu se poursuivre ;

- le soulèvement des zones alpines internes a induit dans la région étudiée un changement radical de paléogéographie. La pente générale qui était du SE vers le NW pendant la sédimentation des Grès d'Annot devient NE-SW (perpendiculaire). Il s'en suit une remobilisation des accumulations turbiditiques qui se traduit :

- . à petite échelle, par des slumps et des ravinements dans les derniers mètres de la série gréseuse ;
- . à grande échelle, par des ravinements beaucoup plus importants (canyon ? de Bousieyas - Tête-Ronde).

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE 5

LA SERIE GRES D'ANNOT NORD-ARGENTERA

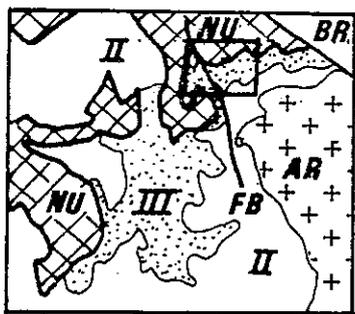
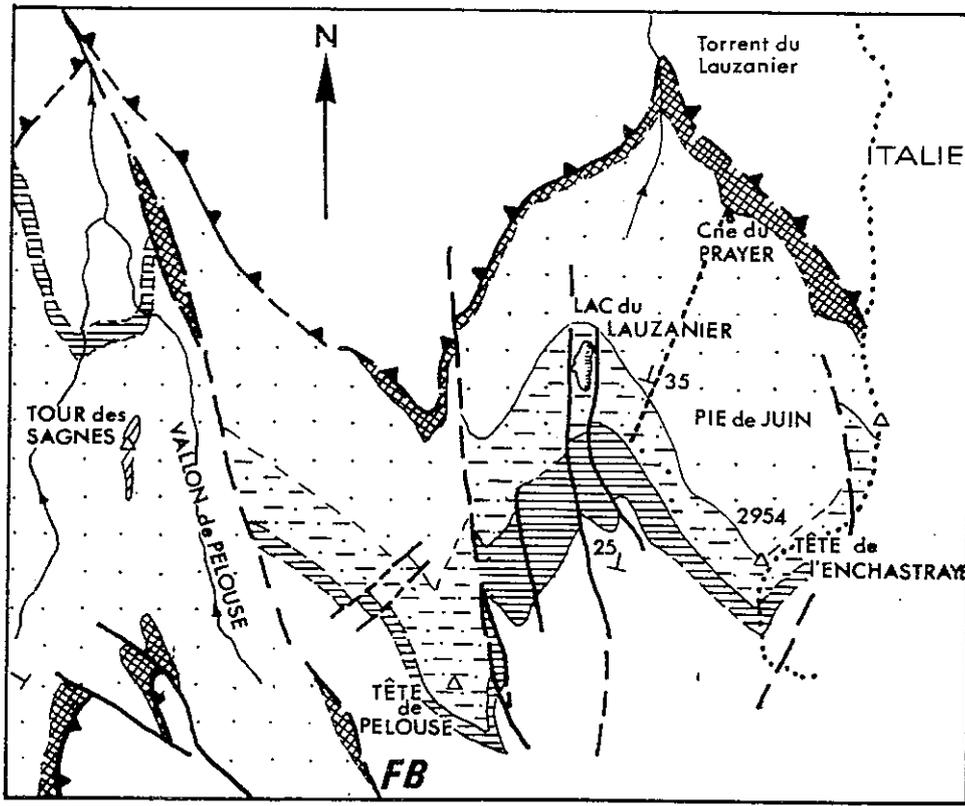
(COUPE DU LAC DU LAUZANIER)

I - INTRODUCTION

II - DESCRIPTION DE LA COUPE DU LAC DU LAUZANIER

III - INTERPRÉTATION - PRINCIPAUX CARACTÈRES DU
CÔNE SOUS-MARIN PROFOND NORD-ARGENTERA

IV - CONCLUSION



-  Schistes à blocs.
- Grès d'Annot:
-  Ensemble supérieur grésoux
-  Ensemble inférieur grésopélique
-  Nummulitique carbonaté.
-  Chevauchement des nappes.
-  Tracé de la coupe.

BR: zone briangonnaise
 NU: nappes de l'Ubaye
 III: Nummulitique } autochtone
 II: Mésozoïque }
 AR: socle cristallophyllien de l'Argentera.

FB: faille de BOUSIEYAS-CAMPS
 DES FOURCHES.

Fig. 64: la série Grès d'Annot nord -Argentera .Localisation des affleurements. Tracé de la coupe du lac du Lauzanier.

I - INTRODUCTION

Dans le chapitre d'introduction de la première partie de ce mémoire, nous avons vu que la série stratigraphique du Crétacé supérieur au Nummulitique présente de fortes différences de faciès à l'Ouest et au Nord de l'Argentera.

En ce qui concerne les Grès d'Annot, ces différences apparaissent de part et d'autre de l'accident majeur de Bousieyas-Camps des Fourches qui a probablement rapproché les deux séries par coulissement tardif (fig. 64).

Au Nord de l'Argentera, la série gréseuse est constituée :

- d'un ensemble inférieur riche en turbidites fines,
- d'un ensemble supérieur uniquement formé de turbidites grossières.

Elle atteint 700 mètres d'épaisseur et constitue une étroite bande d'affleurement du vallon de Pelouse à l'Ouest jusqu'à la crête frontière italienne à l'Est. Elle se prolonge en Italie.

Au point de vue structural, la série nummulitique est monoclinale, pentée d'environ 30 degrés vers le Nord. Elle est accidentée par quelques failles tardives NS à jeu essentiellement vertical.

II - DESCRIPTION DE LA COUPE DU LAC DU LAUZANIER

Une seule coupe a été effectuée dans la série Grès d'Annot nord-Argentera. En effet, ce type de série n'occupe qu'une petite surface sur notre terrain et n'y présente aucune variation latérale d'organisation importante.

Cette coupe SN a été levée en rive droite du lac du Lauzanier et jusqu'à la Cabane du Prayer, située au contact Grès d'Annot-Schistes à blocs (fig. 64 et 65).

A - LE CONTACT CALCSCHISTES A GLOBIGERINES - GRES D'ANNOT

Il n'est pas recoupé par la section, mais on peut l'observer quelques centaines de mètres à l'Est, dans les falaises de l'Enchastraye (fig. 66 a). Le contact est à plat, apparemment sans "onlap". Il en est de même plus à l'Ouest dans le vallon de Pelouse (fig. 18 p. 34). La série gréseuse débute par quelques mètres de turbidites fines et se charge progressivement en bancs de grès homogène.

B - L'ENSEMBLE INFERIEUR

Il atteint 260 mètres d'épaisseur et comporte environ 60 % de turbidites fines ("thin-bedded turbidites") identiques à celle des vires gréso-pélique de la série ouest-Argentera (fig. 65).

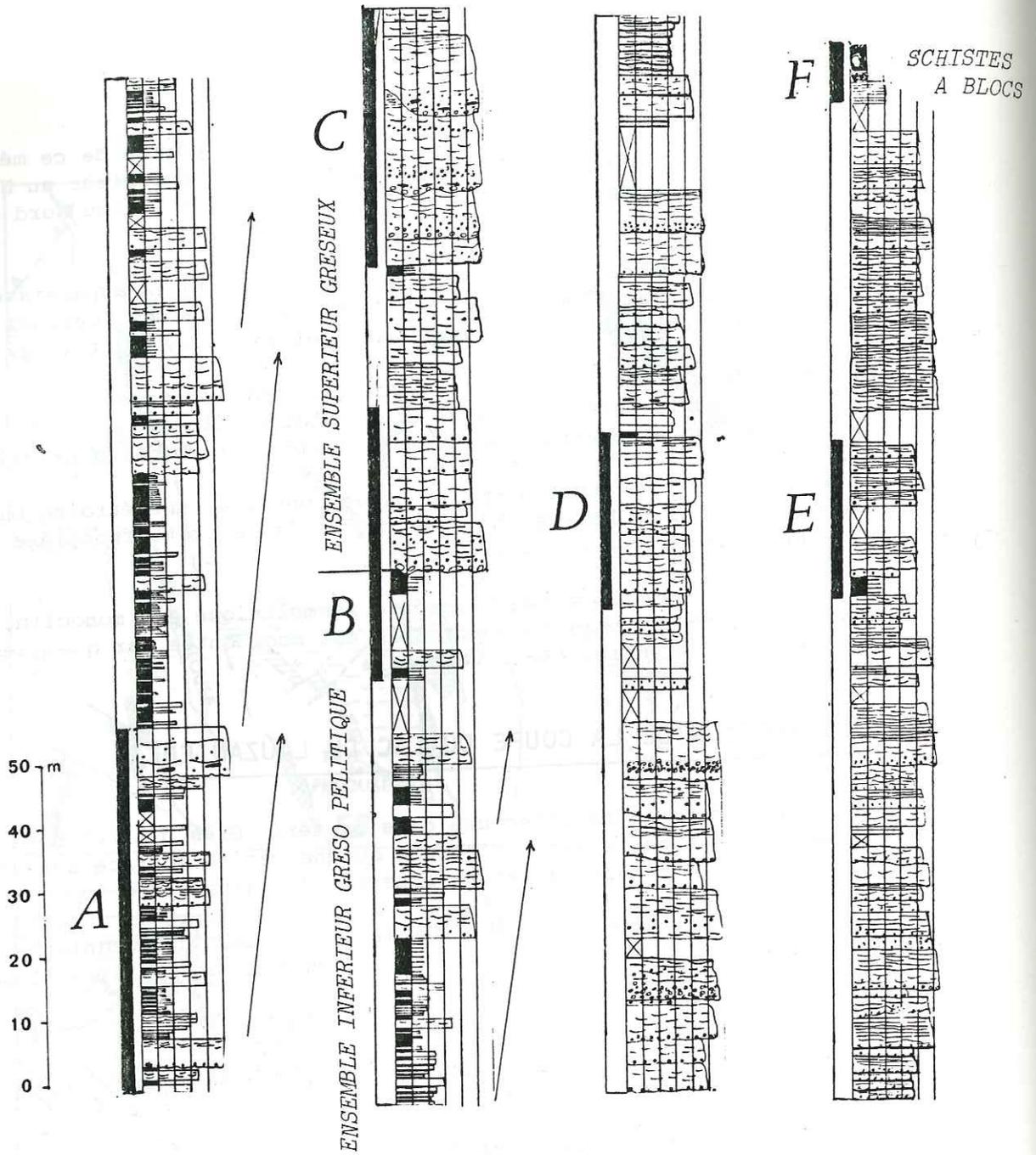


Fig. 65: coupe de la série Grès d'Annot du lac du Lauzanier
Tracé de la coupe fig. 64.

Figurés:

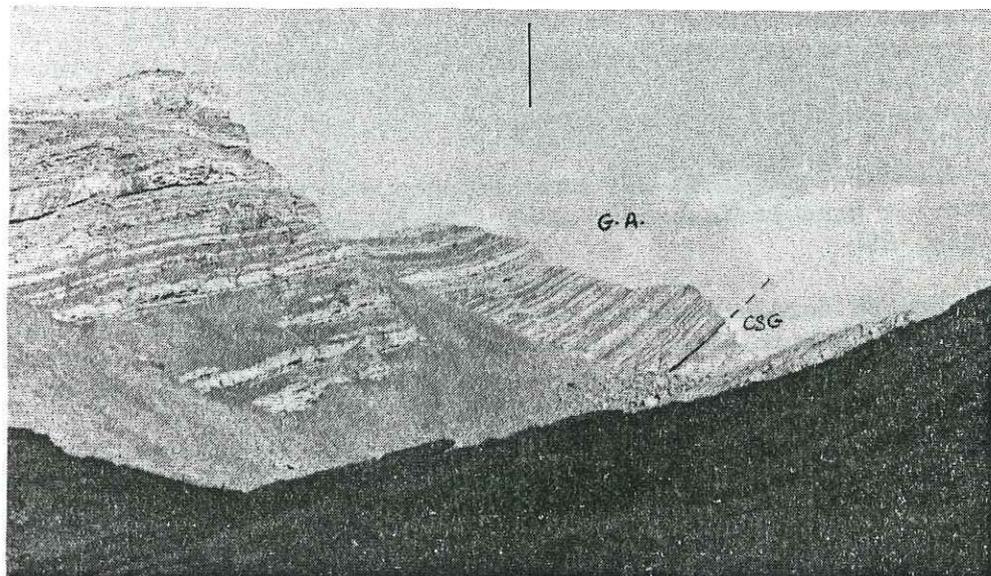
- "dishes"
 - galets mous
 - galets
 - granules
- } de roches endogènes

En noir: turbidites fines
("thin-bedded turbidites")

↑ Séquences strato et granocroissantes
de la partie inférieure de la coupe.

A B C D E F: parties détaillées de la coupe reportées fig. 67.

Tête de l'Enchastraye

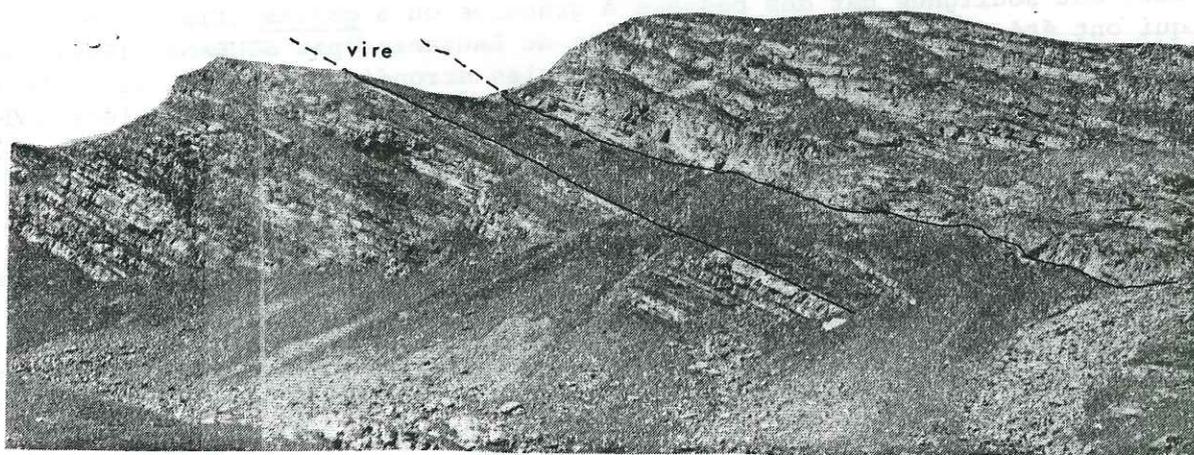


a: ensemble inférieur grésopélitique de la série Grès d'Annot du lac du Lauzanier (rive droite du lac).

CSG: Calcschistes à Globigérines

GA : Grès d'Annot

Ensemble inférieur grésopélitique Ensemble supérieur gréseux



b: la série Grès d'Annot en rive gauche du lac du Lauzanier: l'ensemble inférieur grésopélitique se termine par une vire constituée de turbidites fines, ravinées par les barres à granules de l'ensemble supérieur gréseux.

Fig.66: aspects de la série Grès d'Annot du lac du Lauzanier.

Des strates de grès tabulaires, d'épaisseur décimétrique à métrique (jusqu'à 5 mètres) sont intercalées dans les turbidites fines. Elles sont peu ou pas ravinantes et ont une forte extension latérale, ce qui confère à cette série un aspect très régulier et monotone (fig. 66 a).

La plupart de ces bancs gréseux sont constitués de grès homogène ou faiblement granoclassé. Les séquences de BOUMA complètes sont très rares. Des granules apparaissent généralement dans les bancs les plus épais, associés à des galets mous. Les figures d'échappement d'eau sont moyennement abondantes dans ces strates gréseuses (fig. 67 a).

Cet ensemble présente une tendance d'organisation en petites séquences strato- et granocroissantes avec généralement une barre à granules sommitale (fig. 65).

Les 25 derniers mètres de l'ensemble inférieur sont presque uniquement constitués de turbidites fines et forment une vire bien repérable sous les premières barres gréseuses de l'ensemble supérieur (fig. 66 b). On peut la suivre du vallon de Pelouse jusqu'en Italie.

Les figures de courant sont nombreuses dans cette partie de la coupe du Lauzanier (flute-casts, groove-casts). Elles indiquent des apports du SE vers le NW.

C - L'ENSEMBLE SUPERIEUR

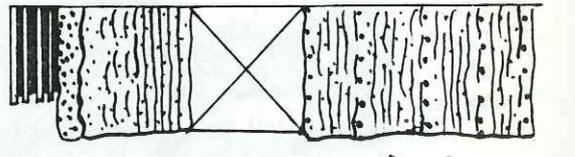
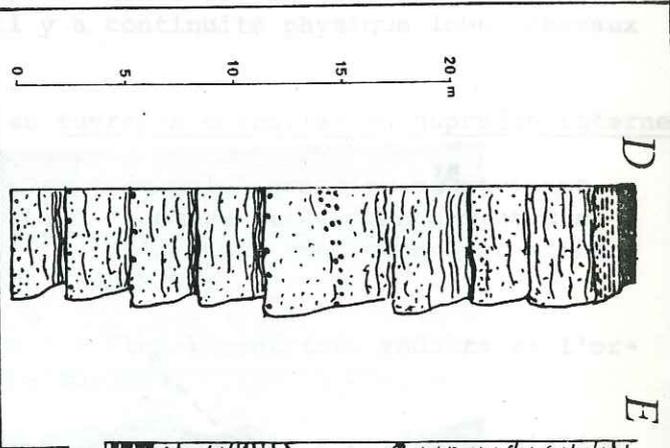
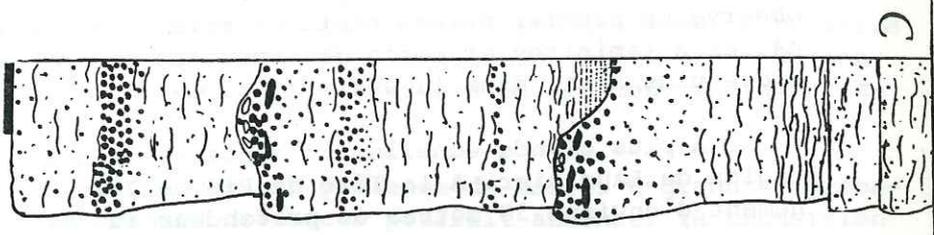
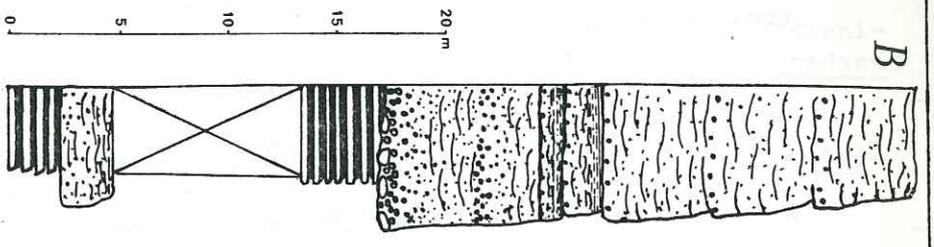
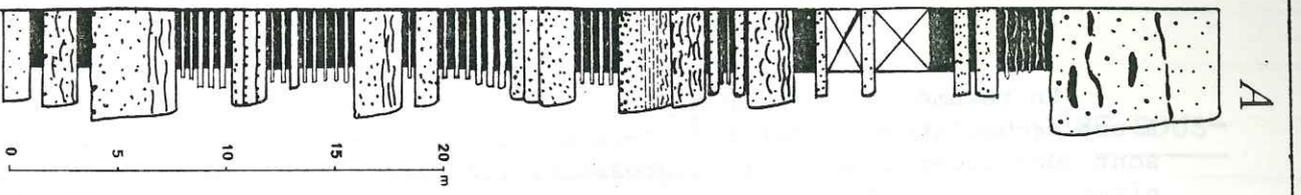
Il atteint 420 mètres d'épaisseur et débute par une série de barres massives superposées sur 150 mètres environ (fig. 65). Leur puissance est de l'ordre de la dizaine de mètres ; elles sont ravinantes (fig. 67 b et c), mais présentent une assez forte extension latérale (quelques centaines de mètres au moins) et ont une forme en chenaux aplatis.

La plupart sont constituées de plusieurs épisodes de dépôts dont la base est soulignée par des passées à granules ou à galets (fig. 67 b et c) qui ont été décrits comme "conglomérats du Lauzanier" par STURANI (1962). Il s'agit donc de passées à très gros granules arrondis associés à des galets mous dans la partie inférieure des barres gréseuses et non de coulées boueuses à blocs comme dans la série ouest-Argentera. On retrouve cependant la même prédominance du matériel endogène, par contre, la taille des galets n'excède pas 5 cm.

Les figures d'échappement d'eau sont abondantes dans les barres massives et particulièrement en sommet de banc.

Le reste de la série ne comporte pratiquement plus de passées à galets, mais le matériel demeure grossier (fig. 67 d, e). L'épaisseur des bancs est également plus modeste, bien qu'on distingue mal la limite des strates car le matériel gréseux est homogène ou faiblement granoclassé et il est découpé par de très nombreux "dishes" aplatis mimant une superposition de petits bancs ondulés (fig. 67 e).

De très rares niveaux de turbidites fines apparaissent dans cet ensemble.

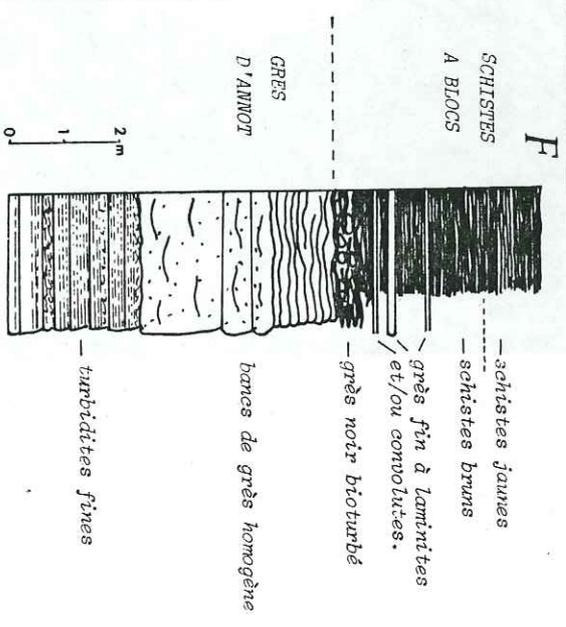


A: coupe détaillée dans la partie inférieure, à dominance grés-péltitique de la coupe du Lauzanier.
 Granulométrie: très fine à grossière
 Faciès dominants: "thin bedded turbidites" et bancs de grès homogène.

B, C: coupes détaillées dans la partie basale et inférieure de l'ensemble supérieur grésseux de la coupe.
 Granulométrie: moyenne à très grossière
 Faciès dominant: bancs à gros granules et à galets.

D, E: coupes détaillées dans la partie supérieure de l'ensemble grésseux.
 Granulométrie: moyenne à grossière
 Faciès dominant: bancs de grès homogène ou faiblement granoclassé découpés par des "dishes" très molles très rares niveau de turbidites fines.

FIGURES:
 "dishes"
 galets
 granules
 laminites convolutes



F: coupe détaillée du passage Grès d'Annot - Schistes à blocs à la cabane du Proger.

FIG. 67: PARTIES DÉTAILLÉES DE LA COUPE DU LAC DU LAUZANIER. POSITIONS DANS LA COUPE CF. FIGURE 65.

En résumé, l'ensemble supérieur de la série du Lauzanier correspond à une accumulation de bancs gréseux massifs se ravinant mutuellement. Ils sont constitués d'un matériel grossier, localement conglomératique. L'organisation interne de cet ensemble est anarchique. Les figures d'échappement d'eau sont extrêmement abondantes en particulier dans les 200 derniers mètres de série.

Les figures de courant sont rarissimes et généralement déformées par des "load-casts".

D - LE CONTACT GRES D'ANNOT-SCHISTES A BLOCS

Les Schistes à blocs apparaissent sans transition au toit des grès. On observe un premier niveau bioturbé puis quelques récurrences de silts jaunâtres à laminites et enfin des schistes bruns ou jaunes qui se chargent en blocs plus haut dans la série (fig. 67 f).

A plus grande échelle, le contact est stratigraphique dans toute la région du Lauzanier. A la Tête de Pié de Juin, on observe nettement un ravinement d'environ 30 mètres de profondeur au toit des grès (fig. 68).

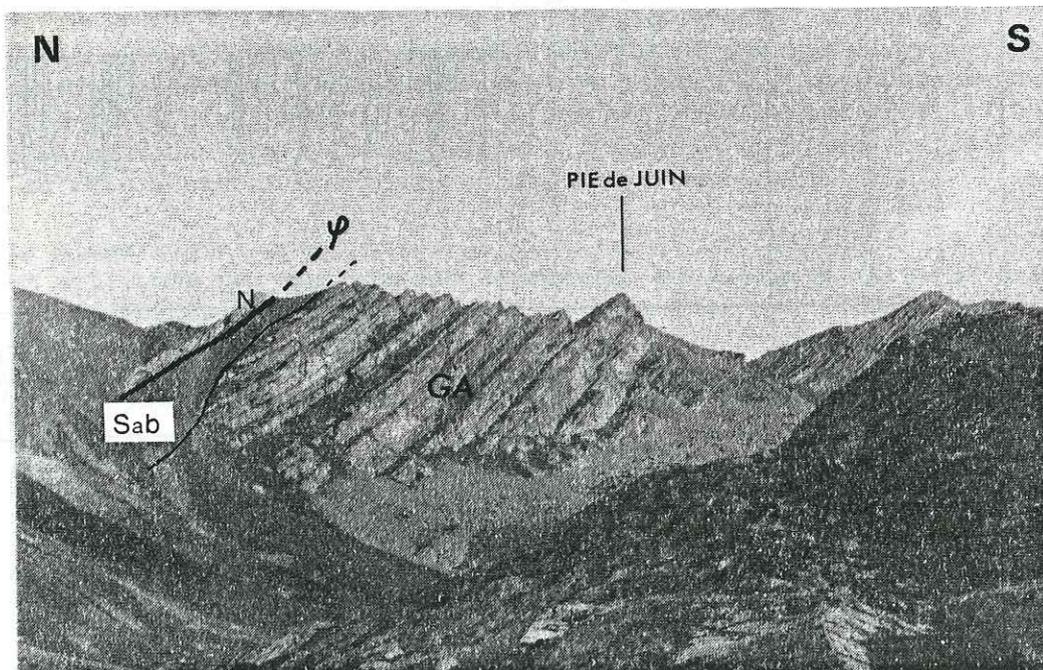


Fig. 68: ravinement au contact Grès d'Annot/Schistes à blocs au Pié de Juin. Vue vers le SE de la cabane du Prayer.

N: nappe; Sab: Schistes à blocs; GA: Grès d'Annot.

III - INTERPRÉTATION - LES PRINCIPAUX CARACTÈRES DU CÔNE SOUS-MARIN PROFOND NORD-ARGENTERA

La série Grès d'Annot du lac du Lauzanier évoque bien, par son organisation interne, le modèle du cône à basse efficacité de transport progradant de MUTTI (1979) cf. fig.69.

L'ensemble inférieur correspond au "suprafan" à lobes de dépôt ou "suprafan" externe.

Les turbidites fines constituent les dépôts d'"interlobes" ("thin bedded turbidites", faciès D de MUTTI).

Les lobes gréseux sont représentés par les strates gréseuses tabulaires et généralement constituées de grès homogènes. La tendance à l'organisation en séquences strato- et granocroissantes est encore un argument en faveur de notre hypothèse.

Au toit de certaines séquences, la présence de barres à granules probablement chenalisées sur de grandes distances pourrait annoncer la transition du suprafan à lobes de dépôt au suprafan chenalisé. En effet, dans les cônes à basse efficacité de transport, il y a continuité physique lobes-chenaux dans le suprafan.

L'ensemble supérieur correspond au suprafan chenalisé ou suprafan interne.

Il est constitué de barres gréseuses à matériel grossier se ravinant mutuellement qui sont des dépôts de chenaux éphémères très nombreux et dont le rôle distributaire est très limité. Les ravinements sont cependant moins importants au Lauzanier que dans le modèle de MUTTI.

Les faciès de débordement (turbidites fines) sont très réduits et l'organisation interne est effectivement anarchique.

Dans les cônes à basse efficacité de transport, la zone d'accumulation des sables est généralement située dans la partie chenalisée de l'appareil (suprafan chenalisé), c'est à dire dans une zone relativement interne de l'éventail (proche du canyon). Ceci est lié à la pauvreté en argile des sédiments dont la capacité à s'étaler loin de leur source est très faible.

Dans les cônes à haute efficacité de transport, au contraire, les sédiments sont plus argileux donc plus mobiles. Ils sont canalisés par les chenaux distributaires permanents de la zone interne et vont s'accumuler sous forme de lobes dans la zone externe.

IV - CONCLUSION

La série Grès d'Annot nord-Argentera correspond aux dépôts d'un cône sous-marin profond à basse efficacité de transport (fig. 69).

Il ne semble pas qu'elle constitue le remplissage d'une dépression pré-structurée au toit des Calcschistes à Globigérines puisqu'on n'observe pas d'"onlap" au contact des deux formations. Le cône sous-marin nord-Argentera pourrait donc s'être édifié radialement au débouché d'un canyon (DEEP SEA FAN). Cette interprétation reste très hypothétique dans la mesure où la surface d'affleurement étudiée est réduite.

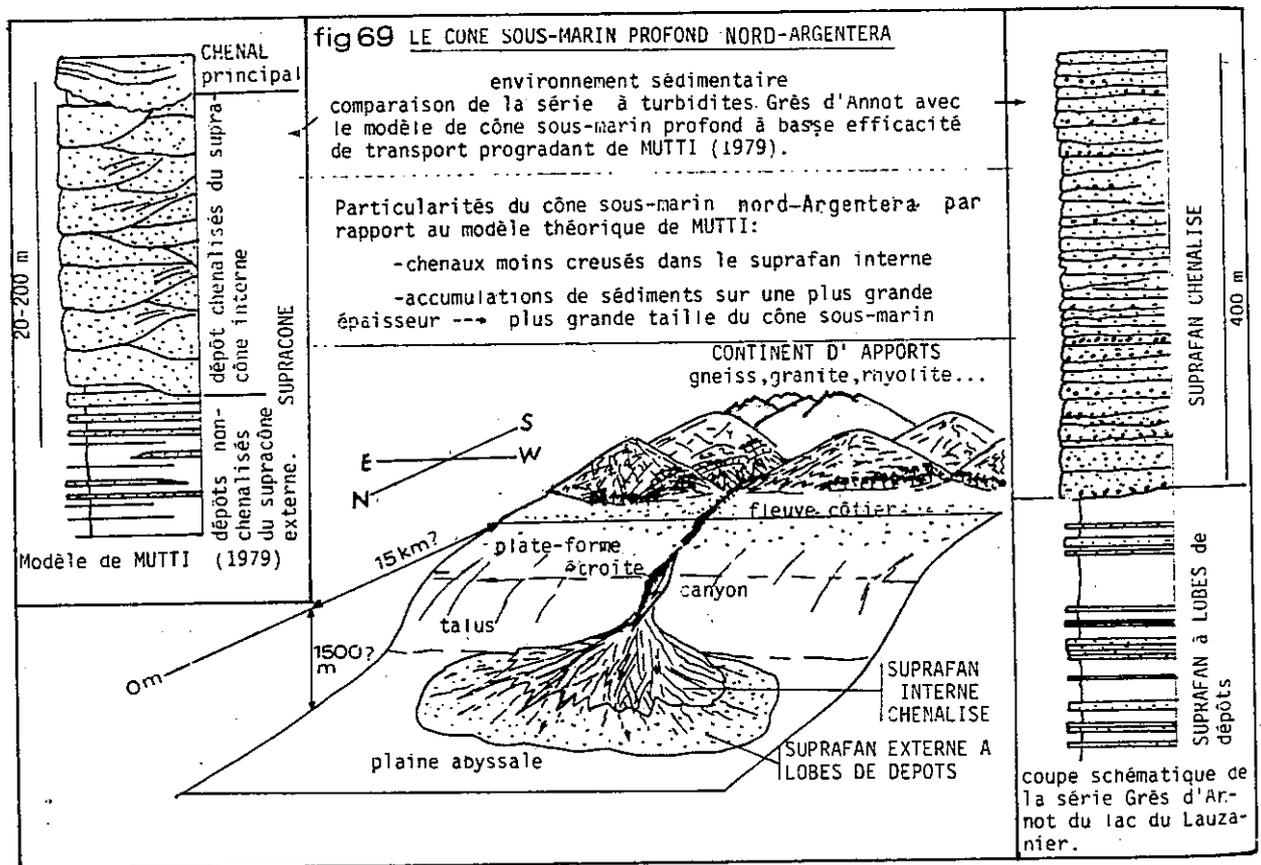
L'organisation interne de la série gréseuse traduit nettement la progradation de l'appareil détritique dont on observe :

- le supracône externe avec des lobes gréseux aplatis, séparés par des turbidites fines (ensemble inférieur),
- le supracône interne : zone d'accumulation principale des sables sous forme de corps sableux se ravinant mutuellement (ensemble supérieur).

Ces accumulations turbiditiques étaient alimentées depuis le SE (dans leur position originelle) par un canyon actuellement disparu à l'affleurement.

Compte-tenu de la grossièreté de matériel sableux et de l'abondance des galets arrondis dans la zone d'accumulation des sédiments, on peut supposer que le continent d'apport était relativement proche et que la plateforme continentale était très étroite (fig. 69).

On peut estimer la profondeur des dépôts à 1000-1500 mètres, comme dans le cône sous-marin ouest-Argentera (cf. p 93).



Enfin, les ravinelements observés au contact grès-Schistes à blocs traduisent vraisemblablement le même changement de paléogéographie lié au soulèvement des zones internes qu'à l'Ouest de l'Argentera (cf. chapitre 4).

PREMIERE PARTIE

CONCLUSION

- Avant cette étude, on disposait d'un certain nombre de faits établis et d'hypothèses relatives aux Grès d'Annot affleurant à la périphérie nord-occidentale du massif de l'Argentera (fig. 70 a).

. Il s'agit de séries à turbidites édifiées selon STANLEY (1975, 1978) dans le prolongement d'un canyon sous-marin dont les dépôts de remplissage affleurent plus au Sud dans la région d'Annot.

. Plus récemment, leur autochtonie et d'une façon générale celle des Grès d'Annot constituant le sous-bassement des nappes alpines ayant été remise en cause (BOGDANOFF, 1980, 1984 ; TEMPIER, 1979 ; KERCKHOVE et al., 1978), il a fallu reconsidérer les relations entre les différents affleurements proposées par STANLEY.

- Les principaux résultats de cette étude sont les suivants (fig.70b):

● Il existe deux types de série Grès d'Annot de part et d'autre de la faille de Bousieyas-Camps des Fourches : série ouest et série nord-Argentera, qui se sont déposées dans deux cônes sous-marins profonds distincts.

● Les apports sableux sont d'origine sud-orientale dans les deux appareils détritiques (du SSE vers le NNW , du SE vers le NW).

● La paléotopographie, le mode d'édification et les caractères sédimentologiques des deux cônes sous-marins sont schématiquement reconstitués :

A l'Ouest de l'Argentera

- Le bassin-récepteur des Grès d'Annot est une étroite dépression en "cuillère", d'axe SSE-NNW dont la bordure nord correspond à une zone haute depuis le Crétacé supérieur (anticlinal des Terres-Plaines). Sa structuration est en grande partie liée à des déformations synsédimentaires du dépôt des Calcschistes à Globigérines. Ces déformations ont également été enregistrées dans les régions voisines (Grand-Coyer, Annot, Trois-Evéchés) où elles concourent à l'individualisation d'autres dépressions sous-marines (INGLIS et al. 1981, PAIRIS 1971). En outre , elles ont probablement continué pendant la sédimentation gréseuse.

- Probablement alimentée par un canyon situé au SE, la dépression ouest-Argentera a été comblée (puis débordée?) par les turbidites sableuses de la série Grès d'Annot qui se présente comme une superposition de grandes lentilles plates constituées de turbidites grossières et séparées par des turbidites fines.

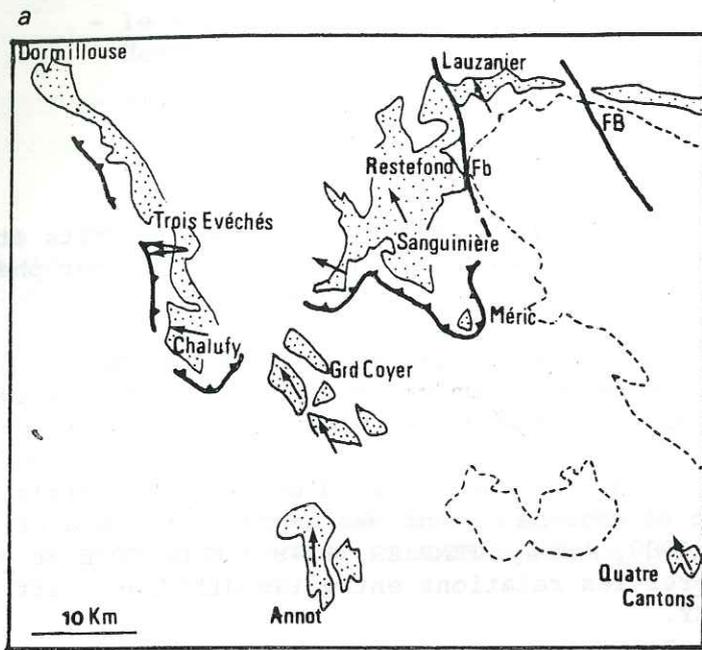
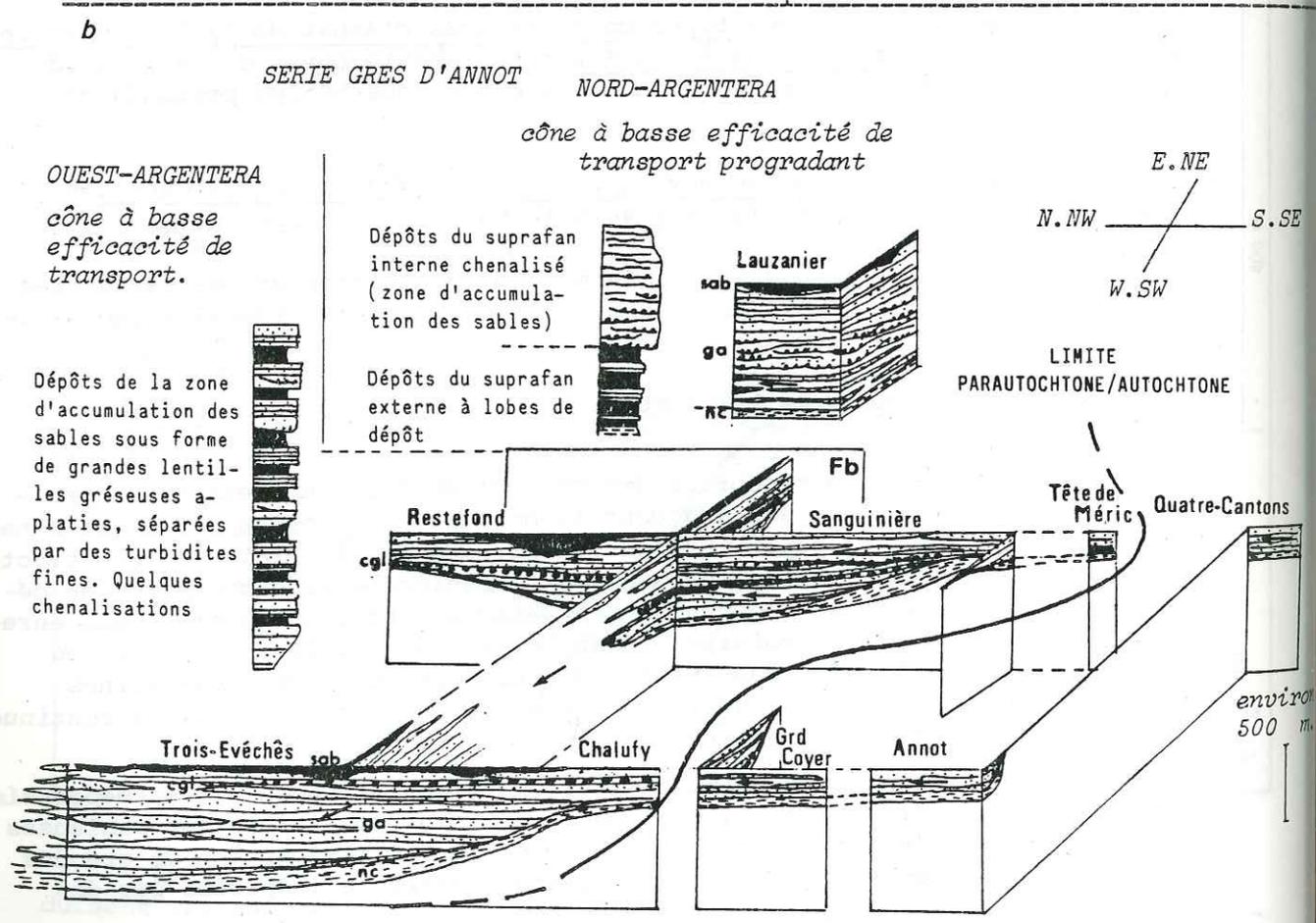


Fig.70: LES SERIES GRES D'ANNOT OUEST ET NORD-ARGENTERA. CARACTERES SEDIMENTOLOGIQUES ESSAI DE RECONSTITUTION PALEO-GEOGRAPHIQUE.

Grès d'Annot
 paléocourants
 niveau de décollement dans les marnes du Crétacé moyen.
 Fb: faille de Bousièyas
 FB: faille de Bersezio



dépôts de la zone d'accumulation des sables de cônes à basse efficacité de transport

dépôts de remplissage et bordure de canyons

nc: Nummulitique carbonaté - ga: Grès d'Annot - sab: Schistes à blocs
 cgl.: niveau de poudingue

- Cette série semble représenter les dépôts de la zone d'accumulation des sables d'un cône sous-marin profond à basse efficacité de transport dont l'édification a été contrôlée par la physiographie du bassin-récepteur (dépression étroite) et la nature grossière et peu argileuse des sédiments. A deux reprises, la sédimentation sableuse est interrompue par des coulées boueuses à galets qui constituent actuellement les seuls bons niveaux-repères dans la série gréseuse.

Au Nord de l'Argentera

La série Grès d'Annot pourrait s'être édifiée radialement au débouché d'un canyon situé au SSE.

L'organisation interne de la série (un ensemble inférieur riche en turbidites fines et un ensemble supérieur gréseux) traduit la progradation d'un cône sous-marin profond à basse efficacité de transport dont on observe les sédiments du suprafan à lobes de dépôts et du suprafan chenalisé.

● Sur l'ensemble du terrain étudié, les relations Grès d'Annot-Schistes à blocs sont apparues plus complexes que ne le laissent supposer les études précédentes à l'exception des travaux d'INGLIS et al. (1981) dont je reprends ici une partie des conclusions. Le soulèvement des zones alpines internes a conduit à l'apparition d'une pente généralisée vers le SW dans le domaine des Grès d'Annot affleurant actuellement sous les nappes de l'Ubaye.

Des slumps, des arrachements et des loupes de glissement ultérieurement drapées par les argiles à blocs se sont formés au toit des séries gréseuses ouest et nord-Argentera.

- Au terme de la première partie de ce mémoire, des points restent à préciser et des questions demeurent sans réponse.

. L'organisation interne de la série Grès d'Annot ouest-Argentera apparaît complexe et assez différente des modèles sédimentologiques de séries à turbidites étudiées jusqu'ici. Les travaux de GHIBAUDO et son équipe, portant sur les affleurements de Sanguinière-Restefond, Trois Evêchés, ... contribueront à éclaircir ce problème.

. La série nord-Argentera n'a été étudiée que sur une petite surface d'affleurement. Il serait intéressant de savoir si elle conserve réellement le même faciès jusqu'à Demonte, comme le laissent supposer les observations de STURANI (1962, 1963).

. La position originelle des Grès d'Annot constituant le sous-bassement des nappes de l'Ubaye et leurs relations avec les affleurements d'Annot s.s., Grand-Coyer, Quatre-Cantons ... supposés autochtones, restent hypothétiques. Au sein même de la zone "parautochtone" se posent des problèmes de corrélation. J'ai envisagé que la dépression ouest-Argentera se prolonge vers celle des Trois-Evêchés, par contre, je n'ai pas d'indice quand aux positions originelles et relatives des cônes sous-marins ouest et nord-Argentera. Une étude structurale pourrait sans doute apporter des éléments de réponse. Il faudrait en particulier, réétudier le fonctionnement de l'accident du Camps des Fourches.

VNOT

ES

LEO-

ent

S.SE

Cantons

environ
500 m.sage et
nyons

. En dernier lieu, les zones d'apports des Grès d'Annot du pourtour NW de l'Argentera sont à rechercher vers le SE (figures de courant) , mais, par rapport à la position initiale de ces séries turbiditiques que nous ne connaissons pas (à l'Est ? au NE ? de l'Argentera actuelle).

La deuxième partie de ce mémoire, consacrée à la nature pétrographique du matériel détritique, va contribuer à la recherche du continent d'origine des Grès d'Annot étudiés.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE ET PETROGRAPHIQUE
DU MATERIEL GRESEUX ET CONGLOMERATIQUE
DE LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

INTRODUCTION

SEDIMENTOLOGIE ET PETROGRAPHIE DU MATERIEL GRESEUX

SEDIMENTOLOGIE DES POUDINGUES

PÉTROGRAPHIE DES ROCHES SEDIMENTAIRES EN GALETS
DANS LES POUDINGUESPÉTROGRAPHIE DES ROCHES ENDOGÈNES EN GALETS
DANS LES POUDINGUESTYPOLOGIE DES ZIRCONS APPLIQUÉE AUX ROCHES MAGMATIQUES
DES POUDINGUES ET AU MATERIEL GRÉSEUX

CONCLUSION

DEUXIEME PARTIE

INTRODUCTION

Cette deuxième partie vise à la localisation des zones d'apport des Grès d'Annot ouest-Argentera par l'analyse du matériel gréseux et conglomératique qui vient en complément des mesures de paléocourant effectuées dans la série (cf. p. 73). L'étude du matériel de la série nord-Argentera est présentée beaucoup plus brièvement à titre de comparaison.

Au cours des 20 dernières années, on a proposé successivement comme source du matériel des Grès d'Annot ouest et nord-Argentera, les formations suivantes :

- Le socle cristallophyllien et cristallin de l'Argentera (présence de galets de granite et de gneiss dans le poudingue à matrice gréso-pélimitique de la Pointe-Giassin ; FAURE-MURET, 1955).
- Les termes gréseux et conglomératiques de la couverture permienne et triasique de ce massif. Les galets des niveaux de poudingue proviendraient des conglomérats werfénien et permien : série du Bégo, de l'Inferno, (STANLEY, 1961 ; GUBLER, 1958).
- La "cordillière" tendasque et la nappe du flysch à Helminthoïdes (IVALDI, 1973).

Alors que les deux premières interprétations étaient fondées sur des méthodes classiques d'analyse sédimentaire (pétrographie des galets, minéraux lourds, ...), les conclusions d'IVALDI résultent de l'application de la thermoluminescence à la discrimination des populations de quartz.

Les résultats que je présente sont appuyés essentiellement sur :

- l'analyse pétrographique en lames minces du matériel des Grès et surtout des conglomérats dont l'étude fournit plus commodément des données plus nombreuses ;
- la typologie des zircons, selon la méthode développée par PUPIN (1976).

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE 1

SEDIMENTOLOGIE ET PETROGRAPHIE

DU MATERIEL GRESEUX DE LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

I - INTRODUCTION

II - ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE

III - ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

IV - INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

I - INTRODUCTION

Outre les poudingues, on peut distinguer deux types de matériel détritico au sein de la série Grès d'Annot étudiée :

- 80 % de grès s.s., très indurés, à patine beige-rosée, cassure gris sombre et de granulométrie variable : "grès à granules" (constitués d'un pourcentage important de débris de roches roulées ou granules, de $\varnothing > 2$ mm), grès grossier, moyen, fin. Ces grès constituent les turbidites grossières de la série.

- 20 % de termes plus fins : silts et grès très fins à patine jaunâtre, pélites brunes, c'est le matériel des turbidites fines de la formation étudiée.

C'est dans la fraction grossière du matériel que sont conservés les marqueurs les plus nets de la source du matériel gréseux. Aussi, l'étude des silts et pélites sera très sommaire. De même, l'étude granulométrique sera succincte car elle ne caractérise que les stades de transport et de dépôt final et n'apporte que peu de renseignements dans le cas des turbidites.

II - ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE

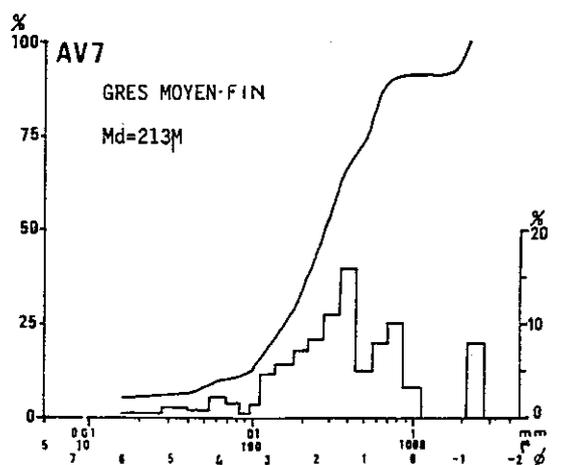
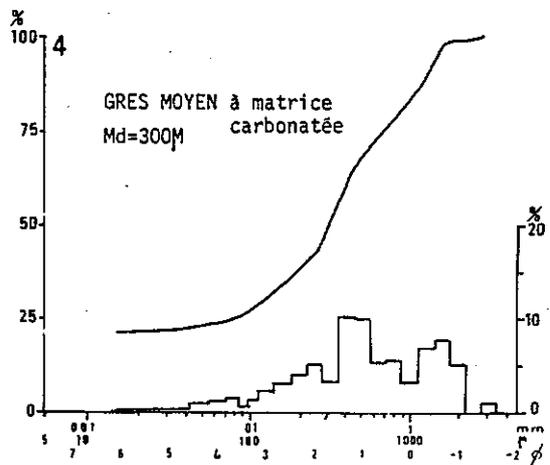
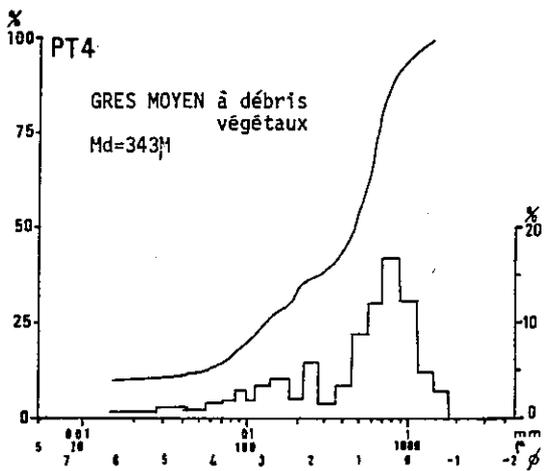
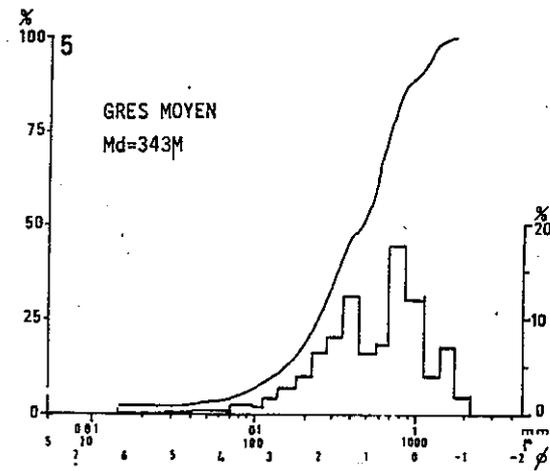
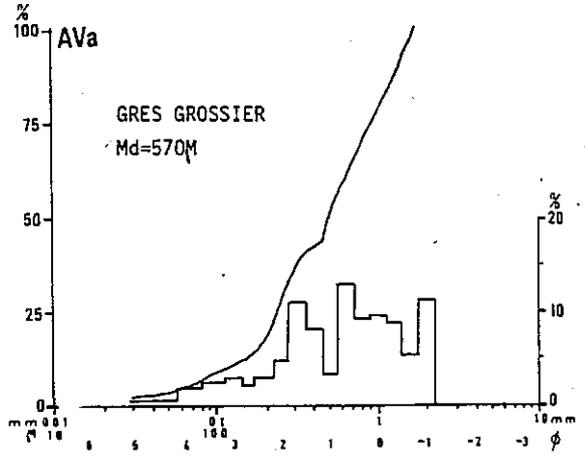
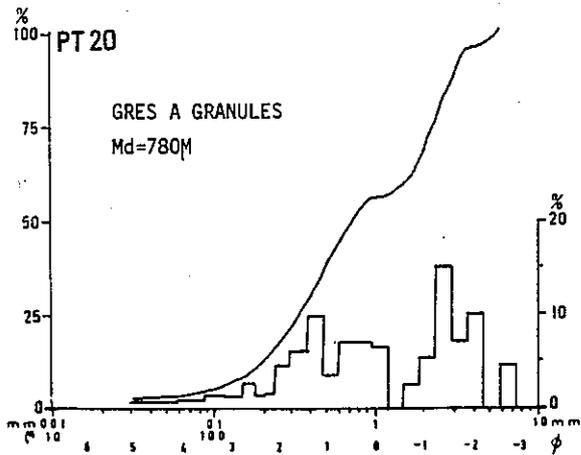
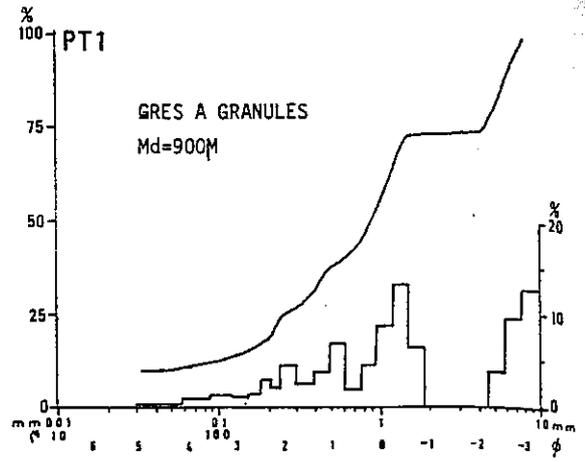
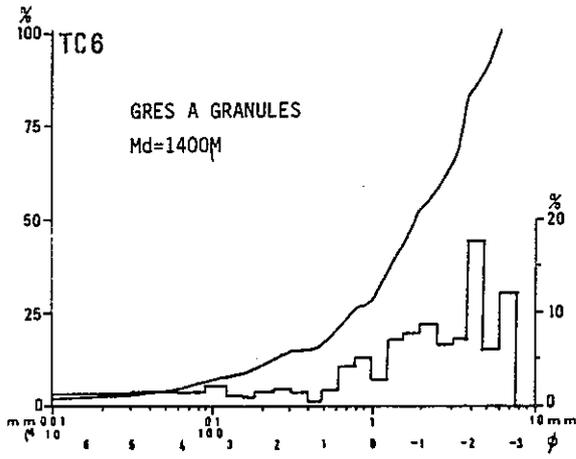
- Etant donnée l'induration du matériel gréseux, elle a été réalisée en lame mince (200 grains par lame).

- Les courbes granulométriques (fig. 71) permettent d'observer que le classement, mauvais dans les termes grossiers avec une tendance bimodale dans les grès à granules s'améliore dans les grès fins et devient bon dans les grès fins et les silts. Ceci est banal car des grès à granules des turbidites grossières aux silts de "thin-bedded turbidites", on passe de dépôts de haute énergie à des dépôts de faible énergie.

La proportion de matrice est variable. Généralement faible ou nulle dans les grès s.s., elle peut être importante dans certains échantillons de silts (AV9).

- Certaines granulométries ont été traduites sous forme de courbes en ordonnée de probabilité (fig. 72). La plupart montrent 3 populations, or les courbes caractéristiques des turbidites n'en présentent généralement que 2 (VISHNER, 1969) : une population importante en suspension, mal classée et une population en saltation plus réduite et mieux classée. Ici, nous reconnaissons la population en suspension, mal classée mais elle ne représente que 10 à 15 % du sédiment dans les turbidites "grossières" (grès à granules, grès grossier, moyen, fin, des barres à granules et des bancs de grès homogènes). Par contre, elle atteint 45 % dans l'échantillon AV9 qui correspond à une turbidite fine (séquence de BOUMA tronquée à la base).

La population la plus grossière et la mieux classée pourrait représenter la partie transportée en saltation (40 à 60 % du sédiment dans les turbidites grossières, 20 % dans la turbidite fine AV9). Nous ne sommes pas en mesure d'interpréter la présence de la population intermédiaire (saltation ? suspension ?).



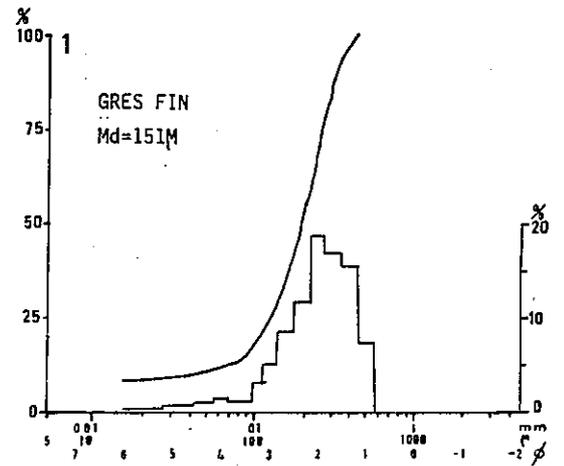
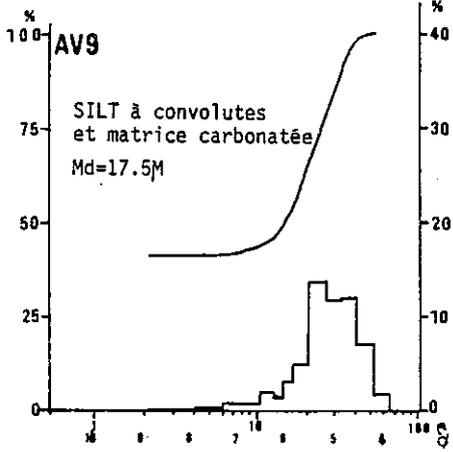
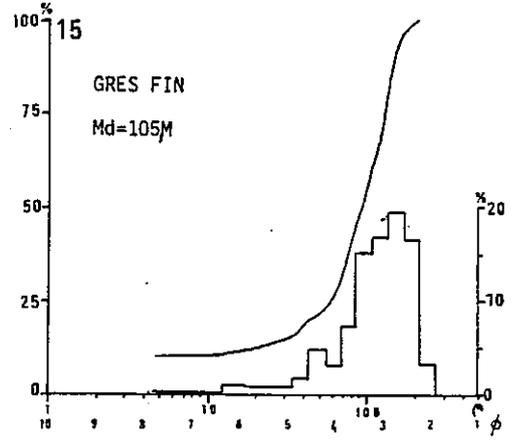
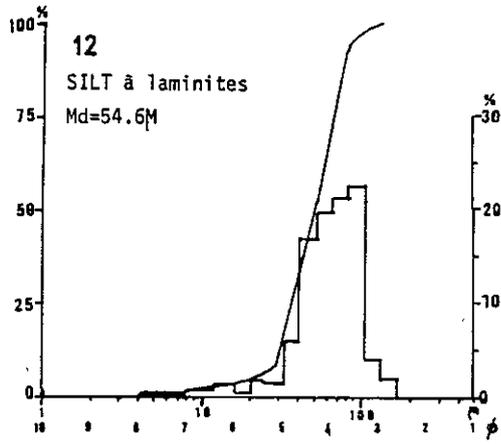


Fig.71: courbes granulométriques (fréquences simple et cumulée) du matériel gréseux et silteux de la série Grès d'Annot ouest-Argentera (massifs de Sanguinière et de Restefond).

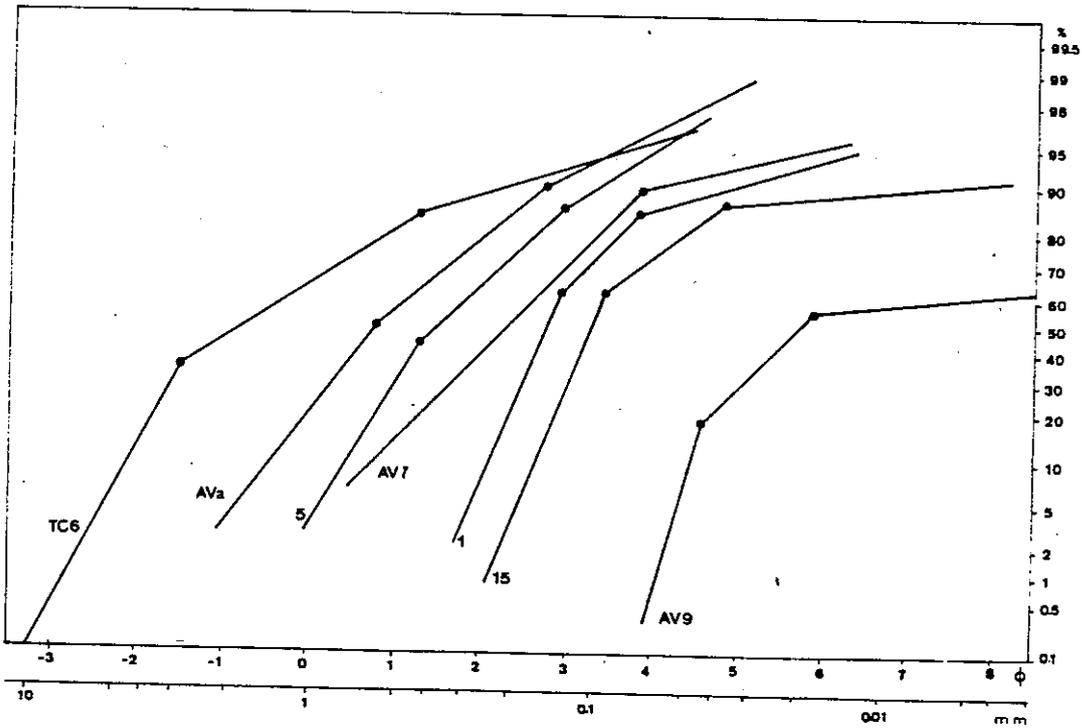
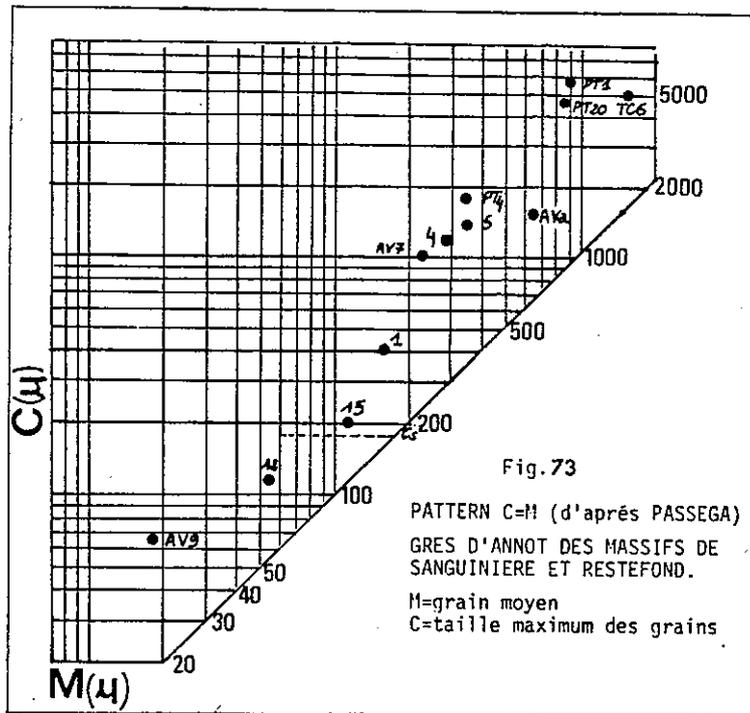


Fig.72: courbes granulométriques en ordonnée de probabilité.



Dans le diagramme de PASSEGA (fig. 73), les points représentant les échantillons de Grès d'Annot ont tendance à s'aligner parallèlement à la droite $C = M$, ce qui confirme leur caractère turbiditique (PASSEGA, 1963). Ce type de diagramme a déjà été utilisé par STANLEY (1961) et différencie nettement les séries à turbidites de la zone nord des Grès d'Annot des dépôts sableux de plate-forme des zones sud et externe, transportés par des courants de traction.

III - ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

A - PELITES BRUNES

- Elles ont été analysées par diffraction aux RX (14 analyses sur roches totales). Les principaux constituants sont le quartz (38 % en moyenne), les phyllosilicates (38 %), les feldspaths qui sont presque uniquement des plagioclases (18 %) (tableau A ; les modalités de calcul des pourcentages semi-quantitatifs sont décrits dans l'annexe 2).

- Dans certains échantillons, la calcite est présente (0 à 18 % de CaCO_3). Son occurrence semble aléatoire au sein d'une même coupe. Cependant, certains niveaux particuliers sont beaucoup plus carbonatés :

. les pélites, directement superposées aux Calcschistes à Globigérines (40 % de calcite à la base de la coupe du Mont-Bertrand ; cf. fig. 23a, p. 42 et échantillon MBd du tableau A) ;

. les "hémipélagites". L'échantillon TR2 (coupe de la Tête-Ronde) comporte 47 % de CaCO_3 , 37 % de phyllosilicates et 16 % de quartz.

- Le cortège des argiles, analysé aux RX est banal (10 analyses) : illite, chlorite, interstratifiés (illite, montmorillonite, chlorite).

B - GRES FINS ET SILTS JAUNES DES TURBIDITES FINES (10 lames minces, 15 analyses RX sur roches totales)

1) Texture en lame mince (fig. 74 a)

- La structure laminitique du sédiment se traduit par une disposition régulière et un alignement des grains souligné par une concentration en lamines des phyllosilicates (biotite, muscovite associée à des oxydes et des débris végétaux).

NOM ECH.	PROVENANCE	%QUARTZ	%FELDSPATHS		%PHYLLOSILICATES		%CALCITE
			PLAGIO.	F.K	CHLORITE	ILLITE	
T512	Lac d'Allos	32	18	(12 + 6)	42	(16 + 26)	8
LM2	Col de la Moutière	31	13	(9 + 4)	46	(22 + 24)	10
LM4	" " " "	34	14	(14 + 0)	34	(14 + 20)	18
LM8	" " " "	47	24	(13 + 11)	29	(8 + 21)	0
LM10	" " " "	48	12	(12 + 0)	40	(13 + 27)	0
LM12 m	" " " "	41	23	(15 + 7)	37	(16 + 21)	0
LM13 m	" " " "	43	22	(13 + 9)	35	(15 + 20)	0
LM15	" " " "	41	18	(11 + 7)	41	(9 + 32)	0
MBj	Mont Bertrand	36	10	(9 + 1)	39	(11 + 28)	15
MBm	" "	34	21	(12 + 9)	45	(19 + 26)	0
MBr	" "	35	20	(13 + 7)	45	(17 + 28)	0
MBs	" "	33	14	(8 + 6)	47	(20 + 27)	6
MBd	" "	25	6	(5 + 1)	33		38

TABLEAU A : COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES PELITES BRUNES DE LA SÉRIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA.

% CALCULÉS D'APRÈS ANALYSES AUX R.X SUR ROCHE TOTALE (% semi-quantitatifs)

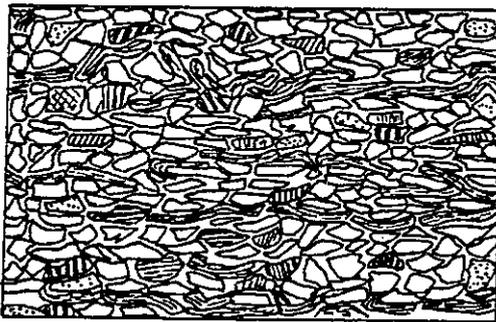
NOM ECH.	PROVENANCE	%QUARTZ	%FELDSPATH		%PHYLLOSILICATES		%CALCITE
			PLAGIO	F.K	CHLORITE	ILLITE	
T51	Lac d'Allos	38	35	(21 + 14)	23	(10 + 13)	10
AV9	Mtgne Avalanche	35	25	(16 + 9)	28	(9 + 19)	12
Oinf	Mtgne Avalanche	54	20	(13 + 7)	10	(5 + 5)	16
T12	Lac d'Allos	44	36	(18 + 18)	20	(7 + 13)	0
LM5	Col de la Moutière	57	27	(20 + 7)	16	(5 + 11)	0
LM12g	" " " "	51	15	(15 + 0)	17	(7 + 0)	17
LM12s	" " " "	48	25	(17 + 8)	22	(8 + 14)	5
LM 11	" " " "	45	46	(32 + 14)	7	(2 + 5)	2
LM13g	" " " "	39	37	(21 + 16)	11	(4 + 7)	13
LM 14	" " " "	53	31	(21 + 10)	16	(5 + 11)	0
LM 9	" " " "	46	29	(17 + 12)	16	(7 + 9)	9
MBE	Mont Bertrand	44	17	(17 + 0)	26	(13 + 13)	13
MBI	" "	42	17	(17 + 0)	28	(15 + 13)	13
MBMs	" "	50	22	(14 + 8)	26	(14 + 12)	2
MBS	" "	43	21	(21 + 0)	19	(8 + 11)	17

TABLEAU B : COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES GRES FINS ET SILTS JAUNES À LAMINITES ET CONVOLUTES DE LA SÉRIE GRES D'ANNOT OUEST ARGENTERA

% CALCULÉS D'APRÈS ANALYSE AUX R.X SUR ROCHE TOTALE (% semi-quantitatifs)

NOM ECH.	TYPE PETRO. GRANULO.	PROVENANCE	%QUARTZ	%FELDSPATHS PLAGIO. F.K	%PHYLOSILICATES CHLORITE ILLITE	%CALCITE
TC6	Grès à granules	Lac d'Allos	48	45 (24 + 21)	7 (0 + 7)	0
PT20	Grès à granules	Lac d'Allos	50	40 (22 + 18)	10 (5 + 5)	0
Z3	Grès grossier	Sanguinière	57	30 (21 + 9)	13 (6 + 7)	0
E0	Grès grossier	Lac d'Allos	50	42 (19 + 23)	8 (3 + 5)	0
Z1	Grès grossier	Restefond	43	48 (19 + 29)	9 (4 + 5)	0
AVa	Grès grossier	Mtgne Avalanche	53	41 (18 + 23)	6 (0 + 6)	0
T31	Grès moyen	Mtgne Avalanche	45	44 (21 + 23)	11 (6 + 5)	0
LM5	Grès moyen	Mtgne Avalanche	52	42 (12 + 30)	6 (0 + 6)	0
AV7	Grès fin	Mtgne Avalanche	45	49 (21 + 28)	6 (2 + 4)	0
AVc	Grès fin	Mtgne Avalanche	61	34 (18 + 16)	5 (0 + 5)	0
Z4	Grès fin	Sanguinière	49	43 (23 + 20)	12 (5 + 7)	0
PT1	Grès à granules	Lac d'Allos	46	44 (18 + 26)	0	10
LM16	Grès moyen	Restefond	51	41 (12 + 29)	0	8
T54	Grès fin	Lac d'Allos	37	47 (14 + 33)	5 (2 + 3)	11

TABLEAU C : COMPOSITION MINÉRALOGIQUE DES GRES s.s. DE LA SÉRIE GRES D'ANNOT OUEST ARGENTÈRA
% CALCULES D'APRÈS ANALYSES AUX R.X SUR ROCHE TOTALE (% semi-quantitatifs)
Les derniers échantillons ont une matrice carbonatée



a



b



c

1 mm

Fig. 74: divers faciès de Grès d'Annot en lame mince.

a/silt jaunâtre, terme à laminites des turbidites fines.

b/grès à granules

c/grès grossier à matrice argilo-calcaire.

Débris de roches et granules:

Π : rhyolite

χ : granite

Ξ : gneiss

Q : quartzite

NU : Nummulite

PL : plagioclase

OR : orthose

MI : microcline

- Les grains sont anguleux à très anguleux.
- Les grains sont jointifs ou séparés par un ciment argilo-calcitique plus ou moins développé .

2) Minéralogie en lame mince et d'après les résultats des analyses aux RX (tableau B)

- Les principaux éléments sont en grains monominéraux :
 - . le quartz : 45 % en moyenne,
 - . les feldspaths : 27 %. Les plagioclases dominent sur les feldspaths potassiques,
 - . les phyllosilicates : 19 % avec beaucoup de biotite parfois chloritisée et de muscovite.

Ces grès fins sont donc des arkoses, plus rarement des subarkoses.

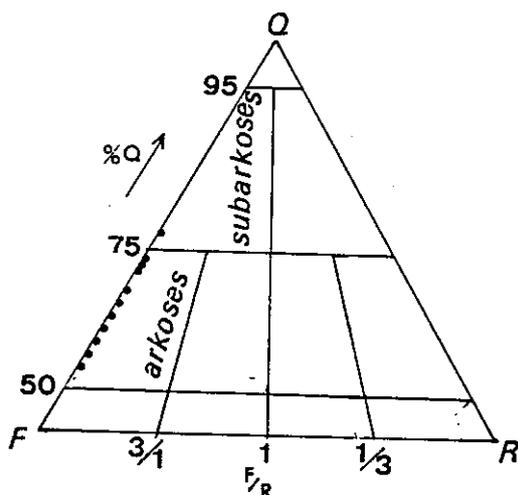


Fig. 75 - Position des grès fins et siltites à laminites et/ou convolutées dans le diagramme QFR de FOLK (1974) (d'après les % semi-quantitatifs obtenus par diffraction X).

- Q = tous types de quartz,
- F = feldspaths et débris de granites et de gneiss,
- R = débris de roches (autres que granites et gneiss).

Comme dans les pélites brunes, certains échantillons sont carbonatés et d'autres pas (0 à 17 % de CaCO_3). En lame mince, on observe que l'occurrence de calcite est liée à la présence de ciment argilo-carbonaté entre les grains.

C - LES GRES S.S. (40 lames minces, 15 analyses aux RX)

1) Texture en lame mince (fig. 74 b et c)

- Les grains sont disposés "en vrac".
- Les grains monominéraux sont peu roulés à anguleux. Les granules (débris de roches de diamètre > 1,5 - 2 mm) sont arrondis.
- Dans la majorité des lames observées, les grains sont jointifs (fig. 74 b). Dans quelques échantillons, ils sont séparés par un ciment brun argilo-calcitique (fig. 74 c).

2) Minéralogie en lame mince et d'après les analyses en diffraction X (tableau C)

- Les principaux minéraux constitutifs des grès s.s. sont les suivants :

. Le quartz (50 % en moyenne), qui se présente généralement en monocristal subéquant à extinction légèrement ondulante.

. Les feldspaths (40 % en moyenne) avec des proportions voisines de plagioclases (albite An 5-10, oligoclase) et de feldspaths potassiques (orthose, sanidine, microcline). Le microcline est abondant, l'orthose parfois perthitique et surtout la sanidine se présentent souvent sous forme de phénocristaux, les plagioclases peuvent occuper également de grandes plages. Ainsi, la taille des cristaux de feldspaths est égale ou supérieure à celle des quartz. Enfin, le degré d'altération des feldspaths est très variable, d'un échantillon à l'autre.

Quartz et feldspaths sont également les principaux éléments des granules (débris de roches endogènes, quartzites, quartz filoniens).

Les grès s.s. sont donc des ARKOSES, plus rarement des arkoses "lithiques" (fig. 76).

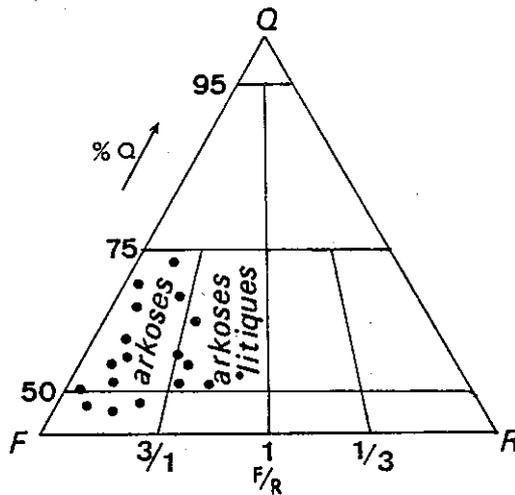


Fig. 76 - Position des échantillons de grès s.s. dans le diagramme QFR de FOLK (1974).

Q = tous types de quartz,

F = feldspaths et débris de roches granitiques et gneissiques,

R = autres débris de roches.

Les autres constituants minéralogiques sont les micas : biotite plus ou moins chloritisée, muscovite (plus rare). L'occurrence rare, de calcite est liée à la présence de ciment entre les grains.

3) Pétrographie des granules

Une étude sommaire de la nature des granules dans les grès les plus grossiers a été effectuée en lame mince (environ 30 lames réparties sur toute la hauteur de la série).

Les granules de quartz filonien et de quartzite métamorphique sont abondantes (≠ 25 %).

On trouve également une forte proportion de débris de rhyolite et de microgranite (≠ 30 %) montrant parfois des structures micropegmatitiques. Les phénocristaux de sanidine et d'orthose isolés sont sans doute issus de ces roches. Les débris de roches felsitiques sont abondants.

Des débris de roches basiques de type dolérite sont plus rares (10% ?).

Les autres fragments de roches endogènes sont des granites généralement à gros grains et pauvres en mica et des gneiss à biotite et/ou muscovite (≠ 20 %). Leur proportion est plus forte dans les grès à gros granules, ce qui est logique compte-tenu de la taille des minéraux de ces roches.

On observe aussi des débris de roches sédimentaires essentiellement détritiques (≠ 15 %) :

- . grès feldspathiques fins à matrice argilo-carbonatée brune plus ou moins abondante et à grains très anguleux (parfois à laminites) ;
- . grès feldspathiques à grains moyens jointifs et plus usés ;
- . pélites brunes ;
- . rares quartzites sédimentaires ;
- . calcaires gréseux ;
- . débris carbonatés divers. Ce sont le plus souvent de grandes Nummulites brisées, plus rarement des débris de calcaires bioclastiques.

Enfin, la proportion des différents types pétrographiques de débris de roches ne semble pas varier verticalement dans la série de façon nette, ces variations étant plutôt liées à la granulométrie des sédiments comme on l'a vu plus haut.

Quelques lames minces ont été effectuées dans les Grès d'Annot de la coupe du Lauzanier (série nord-Argentera). Le matériel est très comparable à celui des grès de Sanguinière-Restefond (série ouest-Argentera). Les débris de roches sont en majorité des granites, des rhyolites, des quartzites et des gneiss. Ces observations confirment celles de STURANI (1962, p.127 à 135) qui met en évidence dans les "conglomérats" du lac du Lauzanier (niveaux à très gros granules en base de barres gréseuses), des aplites à structure micropegmatitique, des "porphyres quartzifères" variés, des gneiss, des quartzites et dans une moindre proportion, des débris de micaschistes, de calcaires (Crétacé supérieur local ?) et de diabases.

4) Minéraux lourds

GUBLER (1958) et STANLEY (1961) ont largement étudié la répartition des minéraux lourds dans les Grès d'Annot. Dans les affleurements du pourtour NW de l'Argentera, ils ont mis en évidence le cortège zircon, rutile, ap^{te}rite, tourmaline, grenat. Cette association est comparable à celle a) des roches cristallines et cristallophylliennes de l'Argentera b) des termes détritiques de la couverture permo-triasique de ce massif.

J'ai traité quelques échantillons qui ont donné des résultats comparables si ce n'est que les grenats sont quasi-absents.

Il était beaucoup plus intéressant d'appliquer aux Grès d'Annot étudiés une méthode nouvelle basée sur la typologie du zircon (PUPIN, 1976, cf. chapitre 5 de la 2ème partie).

IV - INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

C'est l'analyse pétrographique des grès grossiers de la série qui a livré le plus de renseignements sur l'histoire "anté-turbiditique" du matériel des Grès d'Annot ouest-Argentera.

- Le transport "originel" (fleuves, rivières ?) qui a amené le matériel détritique du continent d'apport jusqu'au lieu de sa reprise par les courants de turbidité (talus continental) a été assez court. Il a été suffisamment long pour émousser les granules qui sont arrondis, mais pas assez pour user les grains qui sont tous anguleux à subanguleux.

D'autres observations confirment cette hypothèse :

- L'abondance des feldspaths (orthose, microcline, plagioclases...). En effet, 80 % des Grès d'Annot déposés à l'Ouest de l'Argentera sont des arkoses à proportion presque égale de quartz et de feldspaths.

- Leur dimension égale ou supérieure à celle des grains de quartz et leur angulosité. Les feldspaths sont peu résistants chimiquement, mais aussi mécaniquement (en particulier les espèces maclées).

- La présence de micas, d'apatite et de débris de roches, peu résistants mécaniquement (silts, grès à ciment carbonaté, certaines roches volcaniques, ...).

Le continent d'apport était donc relativement proche de la zone d'accumulation turbiditique, ce qui implique une pente sous-marine forte et une plate-forme continentale étroite. Ces conditions d'environnement sont, rappelons le, favorables au développement des cônes sous-marins profonds à basse efficacité de transport.

La forte proportion de gros débris de roches endogènes et de grands feldspaths peu usés dans le matériel gréseux, permet d'envisager que les Grès d'Annot soient une formation détritique de 1er cycle, c'est à dire que leur source soit essentiellement constituée de roches endogènes et non de roches détritiques plus anciennes.

De toute façon, si on fait l'hypothèse que les grès étudiés sont issus du démantèlement de formations détritiques, il s'agirait de conglomérats ou de grès très grossiers à débris de granites, microgranites, rhyolites, gneiss, ... Leur teneur en feldspaths devait être en outre très élevée pour que les formations détritiques de second cycle en comportent encore 40 % en moyenne (dont une forte proportion de grands cristaux) après deux phases d'érosion et de transport.

Au point de vue granulométrique, seules seraient compatibles les formations conglomératiques du permo-Trias de l'Argentera (Bégo, Inferno) et la partie inférieure grossière du flysch à Helminthoïdes.

Au point de vue pétrographique, il faut remarquer l'absence de débris de granite et de microgranite dans les conglomérats du Bégo (roches métamorphiques) et de l'Inferno (rhyolites et rhyodacites). Le matériel de la couverture permo-triasique de l'Argentera est presque totalement issu du démantèlement de roches métamorphiques (FAURE-MURET, 1955, ROMAIN, 1976).

Dans les Grès de l'Embrunais (partie grossière du Flysch à Helminthoïdes de l'Embrunais-Ubaye), TASSE (1982) a mis en évidence des débris de roches endogènes assez comparables à ceux des Grès d'Annot ouest-Argentera avec cependant des proportions un peu différentes (granites:55%, laves acides à basiques: 20%, roches métamorphiques:15%). Les fragments de roches sédimentaires, par contre, sont en majorité carbonatés et présentent des affinités avec "certains faciès communs au Trias et au Lias du Briançonnais ou même de Lombardie" (TASSE 1982, KERCKHOVE 1969).

En ce qui concerne les teneurs en feldspaths dans le Permo-Trias de l'Argentera et dans le Flysch à Helminthoïdes, on ne dispose pas d'informations précises. TASSE ne signale pas une abondance exceptionnelle de feldspaths dans les Grès de l'Embrunais.

Enfin, je n'ai pas décelé d'indice de pluralité des sources dans les Grès d'Annot ouest-Argentera.

Il est donc probable que les Grès d'Annot étudiés soient le produit de l'érosion et du démantèlement d'un continent d'apport dont on ne peut reconstituer que très grossièrement la nature et qui comprenait :

- un socle granito-gneissique (débris de granite, de microgranite, de gneiss et de quartzite ; abondance de microcline) ;

- une formation volcanique acide (débris de rhyolite, phénocristaux d'orthose et de sanidine) ;

- quelques affleurements d'une couverture sédimentaire montant jusque dans le Nummulitique (débris de roches détritiques, fragments de roches carbonatées, Nummulites brisées...).

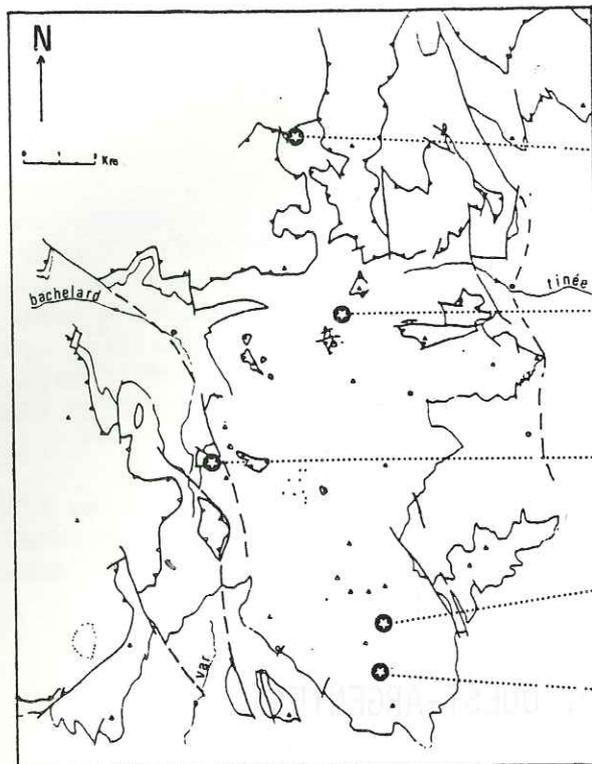
Compte-tenu de la convergence des faciès des Grès d'Annot ouest et nord-Argentera, il est probable que ces deux séries soient issues du même continent d'apport.

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE 2

SEDIMENTOLOGIE DES POUDINGUES
DE LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

- I - INTRODUCTION
- II - ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE
- III - ÉTUDE DE LA MATRICE GRÉSO-PÉLITIQUE
EN LAME MINCE
- IV - MORPHOMÉTRIE DES GALETS
- V - COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES
- VI - CONCLUSION



STATIONS NIVEAU DE POUNDINGUE ETUDIE	GRANULOMETRIE nb de galets mesurés (L > 1 cm)	MORPHOMETRIE nb de galets mesurés	
		QUARTZ	CALCAIRES
CABANE DE CLAPOUSE Niveau inf? sup?	200	-	-
COL DE LA MOUTIERE Niveau inférieur	200	100	-
LA BOUCHARDE Niveau inf? sup?	200	50	50
LAC DE GIALORGUE Niveau supérieur	200	100	50
COL DE GIALORGUE Niveau inférieur	200	50	50

Fig. 77: localisation des stations choisies pour l'étude granulométrique et morphométrique des niveaux de poudingues de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

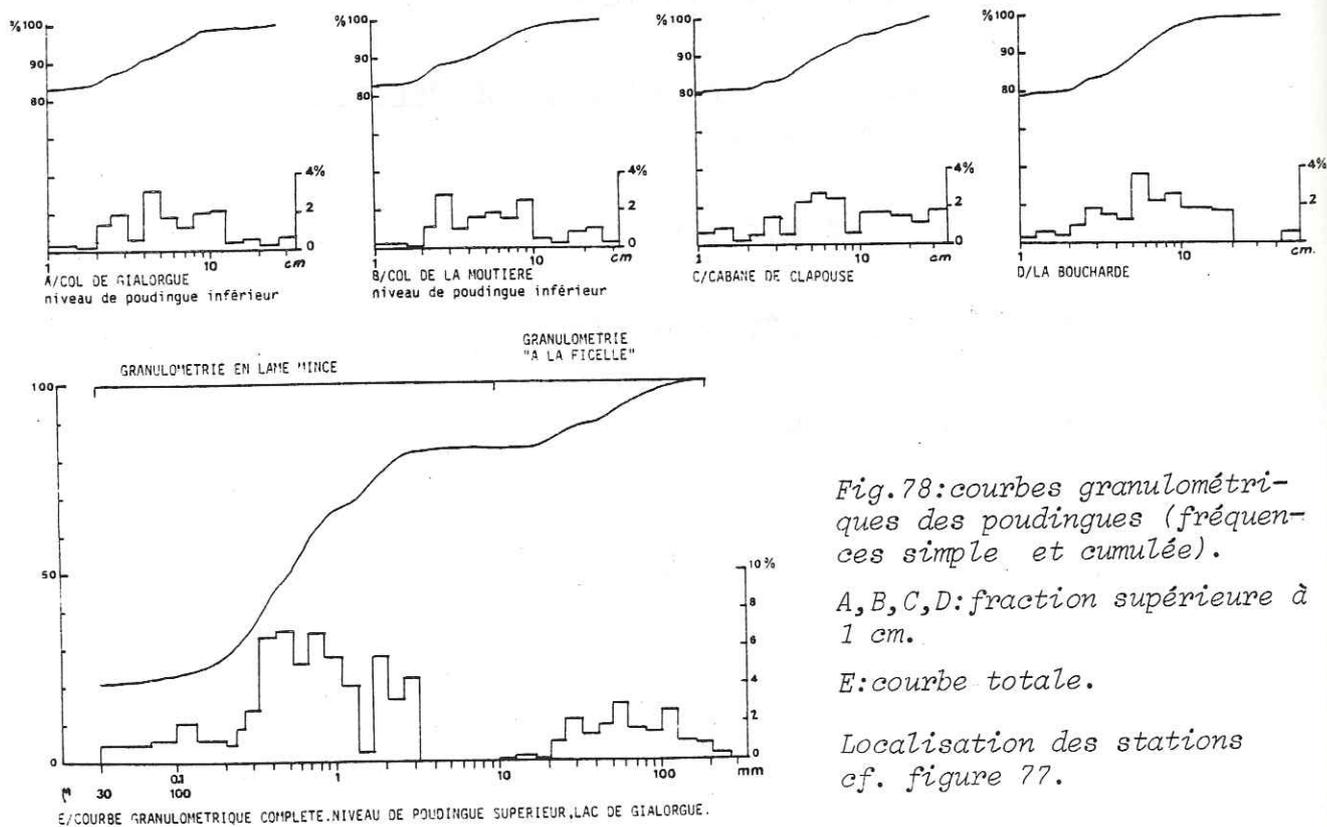


Fig. 78: courbes granulométriques des poudingues (fréquences simple et cumulée).

A, B, C, D: fraction supérieure à 1 cm.

E: courbe totale.

Localisation des stations cf. figure 77.

I - INTRODUCTION

Les poudingues à matrice de grès argileux constituent un faciès particulier et rare dans la série Grès d'Annot des massifs de Sanguinière et Restefond (2 niveaux de moins de dix mètres d'épaisseur chacun).

On ne retrouve ce type de coulées boueuses sous-marines que dans la série Grès d'Annot de la chaîne des Trois Evêchés. Dans les autres affleurements voisins de grès à faciès turbiditique, les niveaux conglomératiques rencontrés sont de type différent (extension des niveaux beaucoup plus limitée, moindre dimension des galets, matrice gréseuse).

A Annot (route de la Beauge) et au Grand Coyer par exemple, ce sont des lentilles de poudingue à matrice gréseuse. Au Lac de Lauzanier, il s'agit de galets grossièrement granoclassés en base de bancs à granules.

A Saint-Antonin, les conglomérats, très puissants, équivalents des Grès d'Annot, sont probablement des dépôts de plate-forme.

II - ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE

Des granulométries linéaires ("à la ficelle") ont été effectuées sur 5 affleurements de poudingues (fig. 77 et 78). On n'a pas pris en compte les blocs de Grès d'Annot emballés dans ces conglomérats.

On considère comme "matrice" tous les éléments inférieurs à 1 cm. Le pourcentage de "galets" (> à 1 cm) varie de 17 à 21 % en volume.

Les conglomérats sont moyennement à mal classés (Inclusive Standard deviation de FOLK : $I = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6.6}$ compris entre 1 et 1,35).

Une seule courbe totale a été réalisée (fig. 78e) en complétant les données "à la ficelle" par un comptage en lame mince.

L'ensemble est très mal classé, peut-être bimodal, mais le pallier de la courbe est essentiellement du au raccord des deux méthodes d'analyse granulométriques.

Les poudingues sont constitués d'environ :

- 20 % de matrice pélitique (éléments > 30 μ),
- 60 % de sables,
- 20 % d'éléments supérieurs à 2 mm : granules et galets.

III - ÉTUDE DE LA MATRICE GRÉSO-PÉLITIQUE EN LAME MINCE

Macroscopiquement, il s'agit d'un grès argileux à granules, brun et friable.

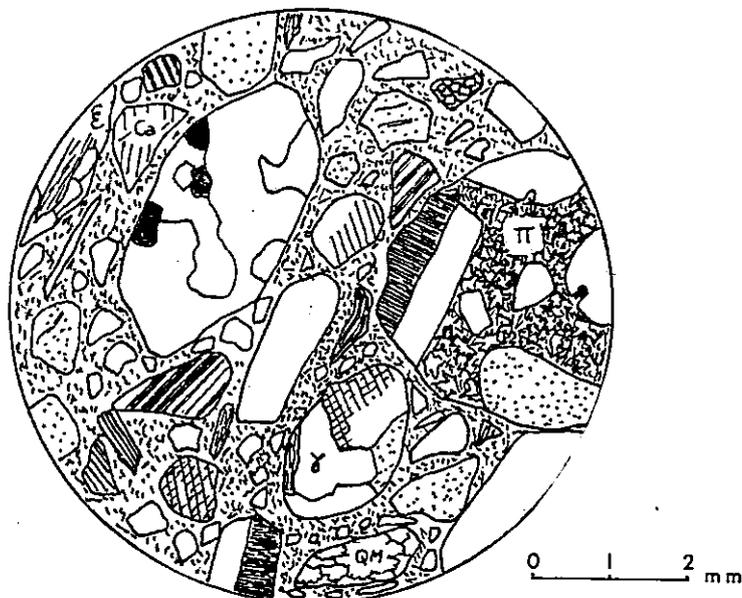


Fig. 79a: la matrice grésopélimitique des poudingues en lame mince

Débris de roches: X granite à microcline
 Π rhyolite à micropegmatite
 E gneiss à muscovite
 QM quartzite métamorphique
 Ca cristal de calcite (débris d'organisme?)

ECHANTILLON	% QUARTZ	% FELDSPATHS		% PHYLLOSILICATES
		PLAGIOS.	F K	
GIA1 cgl inf.	46	14	13	27
Cne CLAPOUSE	37	20	13	30

Fig. 79b: composition minéralogique de 2 échantillons de la matrice des poudingues. Les % semi-quantitatifs sont obtenus à partir des diffractogrammes X sur roches totales (cf. annexe 2).

En lame mince (fig. 79 a), les grains sont séparés par une matrice pélitique (<30 μ) (non carbonatée comme dans certains échantillons de grès s.s. - cf. chapitre 1, 2ème partie-). Les éléments supérieurs à 2 mm sont arrondis (granules, débris de roches, ...). Les grains monominéraux sont généralement subanguleux.

Les principaux constituants minéralogiques sont le quartz, les feldspaths, (en grains monominéraux et en débris de roches) et les phyllosilicates (fig. 79 b).

Le quartz est de type banal, "plutonique". Je n'ai observé aucun quartz rhyolitique net. Les feldspaths potassiques parfois en phénocristaux sont l'orthose, la sanidine et le microcline. Les plagioclases sont l'albite et l'oligoclase.

Quartz et feldspaths ont des tailles comparables.

Les phyllosilicates sont :

- les argiles constitutifs de la matrice : illite, chlorite en particulier,
- les micas présents en grains moniminéraux et dans les débris de roches : biotite parfois chloritisée, muscovite.

Les granules et débris de roches sont de même nature que dans les grès s.s. : quartz filonien, quartzites métamorphiques, rhyolites, microgranites, granites, gneiss, roches sédimentaires diverses.

IV - MORPHOMÉTRIE DES GALETS

On a vu que les galets des niveaux de poudingue ont été transportés par coulées boueuses sous-marines dans le cône sous-marin profond ouest-Argentera (cf. p. 81). Cependant, les galets n'ont pas été façonnés lors de ces épisodes "catastrophiques" quasi-instantanés. C'est leur histoire antérieure, le type de transport qu'ils ont subi avant leur reprise par "debris-flow" que l'étude morphométrique peut contribuer à éclaircir.

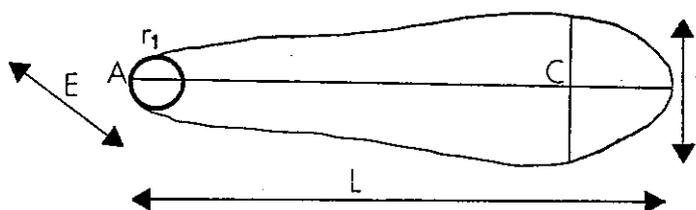
A - MODE OPERATOIRE

Sur une surface d'affleurement délimitée, on récolte un lot de galets de même nature pétrographique, centrés autour de 5 cm de long.

J'ai choisi 2 types pétrographiques bien reconnaissables macroscopiquement, assez nombreux et de longueur moyenne proche de 5 cm : les quartz filoniens, les calcaires bioclastiques.

Les comptages ont été effectués sur 4 stations, le nombre de galets mesurés variant entre 50 et 100 (fig. 77).

Pour chaque galet, on mesure les paramètres indiqués sur la figure 80.



$L, l, E, r_1, AC.$

r_1 est mesuré à l'aide d'une cible.

Fig. 80 - Modalités de mesure des paramètres morphométriques d'un galet.

A partir de ces paramètres, on calcule (CAILLEUX, 1945 ; CAILLEUX et TRICART, 1959).

- l'indice d'aplatissement : $A = \frac{L + l}{2 E} \times 1000$

- l'indice d'émoussé : $I = \frac{2r_1}{L} \times 100$

- l'indice de dissymétrie : $D = \frac{AC}{L} \times 1000.$

Pour chaque indice, les résultats sont rangés par ordre croissant (tableau D). On construit les courbes de fréquence simple et cumulée (fig. 81). Puis, on détermine la médiane (galet de rang $n/2$) et les valeurs minimum et maximum (galet de rang 15 et 85 pour 100 galets mesurés) (tableau E, p. 145).

Pour différencier une morphométrie de type marin ou fluviatile, on place les points correspondants à chaque galet (fig. 82 a, b) ou les médianes de ces points (fig. 82 c) sur un diagramme $A = f(I)$. On peut également comparer ces indices avec ceux cités par CAILLEUX et TRICART (1959).

B - LES RESULTATS

Quelque soit le niveau de poudingue étudié (et sa position géographique), courbes et indices sont très comparables, pour les quartz d'une part et pour les calcaires d'autre part.

1) L'aplatissement

Les courbes sont unimodales et redressées (fig. 81 a). La majorité des galets (tous les quartz et la plupart des calcaires) sont globuleux et bombés. Quelques galets de calcaire sont aplatis, mais, dans tout type de transport, les calcaires s'aplatissent plus vite que les quartz.

2) L'émoussé

Il est fort. Tous les galets sont usés et roulés.

3) La dissymétrie

Elle est très forte (= 600 pour les quartz et les calcaires).

QUARTZ

- Aplatissement

- Col de Gialorgue (50 galets) : 122 123 126 128 129(2) 131 132 136 137 140(2) 143 144 145 148(3) 150 151 154 156(3) 158(2) 159 160 161 162(2) 163(2) 164 166 170(3) 175 183(2) 195 202 220 234 237 247(2) 258 299.
- Lac de Gialorgue (100 galets) : 116 118 122 123 125 126(2) 128(2) 130(2) 131 134(2) 135 136 138 139(3) 142(2) 143 144(5) 145 147(3) 150(5) 152 154 156 157 158(3) 159 160(2) 161(2) 163 165(4) 166 168 170(2) 171 172 173(4) 174 175(2) 176 177(4) 178(6) 180 181(2) 184(2) 188 190 192 193 198(2) 203 216 217 218 220 221 224 229 237 245 308 309.
- La Boucharde (50 galets) : 108 116 123 126 136(2) 137(2) 147 150 151 152(2) 154 155 156(2) 158(2) 160(3) 163(2) 165 166 167 170(2) 172 173 176 179 181 183 187(2) 188 189 200(2) 202 205 207 209 219 220(2) 225 227.
- La Moutière (100 galets) : 111 112 113 114 117 122 124 126(2) 127 128 129 131 132 133(2) 135 136 138(2) 139 140 141 142 143(3) 144 145 146 148 150(4) 151 152 154 155(3) 157 158(4) 159 160(3) 161(2) 164(5) 166(2) 167(3) 170 172 173 175(4) 178 179(3) 180 182 183 186(2) 188(4) 189(2) 190 192 193 196 197 200 203 209 219 221 249.

- Emoussé

- Col de Gialorgue (50 galets) : 145(2) 170 174(4) 182 190(3) 192 200(3) 207 218 231 232(2) 233(2) 235 240(2) 246 250(4) 266 308 311 316 320 326 341 343 350 360 364 385(2) 400(2) 419(2) 435 518.
- Lac de Gialorgue (100 galets) : 130 167 174 175 185 190 200(4) 213 233 237 250(3) 255(2) 262 264 267(2) 270 273 275 280 286 292 293 298 300(3) 308 310 311 314 318 327 333(4) 343(2) 346 348 349 350 353 356 357 360(2) 365 368 369 385 386 387 390 391 393 400(3) 412 415 419(2) 426(3) 436 439 444(2) 450 462 473 476 478 480 483 486(3) 508 524 533 536 538(2) 548 550 558 600 619 667 668.
- La Boucharde (50 galets) : 100 103 105 157 181 186 190(2) 192 200(5) 218 222(2) 227 228 233 238(2) 240 246 250(3) 254(3) 266 285 286 292 294 300(3) 312 313 320 333 360 363 370 415 425(3) 460.
- La Moutière (100 galets) : 150 160 186 217(2) 222(4) 238 240(4) 244 246(2) 250(2) 261 263(2) 264 267(5) 270(2) 278(2) 280(2) 286 291 292 293 299 300(2) 303(2) 308 316(3) 318(2) 326 328(2) 333(5) 341 345 350(3) 353 356(2) 364(3) 375 378(2) 389 390 391 392 393(2) 400(10) 414 419 421(2) 433 440 450 457 471 474 500(2) 526.

- Dissymétrie

- Col de Gialorgue (50 galets) : 510(2) 530 550(7) 560 570(2) 580(2) 600(4) 610 620 625 630(2) 640 650(2) 660(4) 670(2) 675 680 690(2) 700(4) 710 730 740(2) 760 780 820 888.
- Lac de Gialorgue (100 galets) : 500(2) 510(4) 520(6) 530(2) 540(2) 550(8) 560(6) 570(8) 580(9) 590(6) 600(7) 610(3) 620(2) 630(4) 640(4) 650(5) 660(3) 670(5) 680 710(2) 720 730 740 750(2) 760.
- La Boucharde (50 galets) : 500(2) 505 510 520(3) 540(2) 550 560 580(2) 590(4) 600 605 610 620(2) 625(2) 630(4) 635 640(2) 655 660(5) 665 670 680(2) 700(2) 710 740 745(2) 750(2) 760 770(2) 780(2) 900.
- La Moutière (100 galets) : 500(4) 510(3) 530 540(4) 560(2) 570(2) 580(4) 590(3) 600(4) 610 620(5) 630(2) 640(3) 650(4) 660(3) 670(5) 680(6) 690(2) 700(7) 710(5) 720 730(5) 740(2) 750(5) 760(3) 770(2) 780 790(2) 810 820 830(2) 870 880(3) 900 950

CALCAIRE

- Aplatissement

- Col de Gialorgue (50 galets) : 123 133 144 150 153 158 159 165 169 170 176 177(2) 178 182 187 188(2) 198 200(3) 202 206 208 210 211 212 218 220 224 225(2) 226 229 242 243 245 250 253 256 266 279 283 295 297 308 314 318 325.
- Lac de Gialorgue (50 galets) : 121 128 140 144 145 155 157 159 160 162 165 167 168 171 173 175(2) 176(2) 185(2) 187 188 191 195 198(2) 200(2) 203(2) 217 221(2) 229 230 233 235 238 242 246 250 256 260 267 269 275 290 300.
- La Boucharde (50 galets) : 127 132(2) 142 152(2) 153 154 155 164 166 167 168(2) 170(7) 176 178 180(2) 185 188 196 197 198 200 205 207 210 220 225 238 239(2) 240 250(2) 262 264 275 281 283 288 292(2) 300 312 334 374.
- Emoussé
- Col de Gialorgue (50 galets) : 107 174 182 195 204 211 216 218 222 227 238 240 250 261(2) 267 286(4) 300(2) 327 350(2) 383 392 400(4) 407 410 414 444 457 467 474 475 476 478 485 488 489(2) 528 545 577 583.
- Lac de Gialorgue (50 galets) : 170 172 182 192 194 208 211(2) 213(2) 217 218 235 244 250 257 259 273 276 286 304 311 312 316 320 326 333(3) 345 350 356 364 377 384 399(3) 409 433 435 439 444(2) 465 500 512 545 599.
- La Boucharde (50 galets) : 131 195 200 218 232 240(2) 243 250 276 279 280(2) 285 290(2) 297 300(2) 304(2) 307 310 312 315(2) 320 327 333(3) 340(3) 368 369 370 400(3) 416 432 444 482 500 530 540 550 599.
- Dissymétrie
- Col de Gialorgue (50 galets) : 500(3) 510(6) 540 550(3) 570(2) 580(2) 590(2) 600(3) 610(2) 620(4) 630(2) 640(4) 650 660(3) 670(2) 680(2) 690 700(2) 720 730(2) 740 770.
- Lac de Gialorgue (50 galets) : 500(2) 510(2) 520(2) 530(2) 540 550(2) 560(5) 570(2) 580 590(2) 600(6) 610 620 630(3) 650(2) 660(3) 670(7) 680(3) 730(3) 750.
- La Boucharde (50 galets) : 500(3) 510(3) 520(3) 530(2) 540 550 560(4) 570(2) 580 590(2) 600(4) 610(2) 620(2) 630(2) 640(2) 650(3) 660(5) 670(2) 680 690 700(2) 730 740.

Tableau D: valeurs classées par ordre croissant des indices d'aplatissement, d'émoussé et de dissymétrie des galets de quartz et de calcaire des poudingues de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

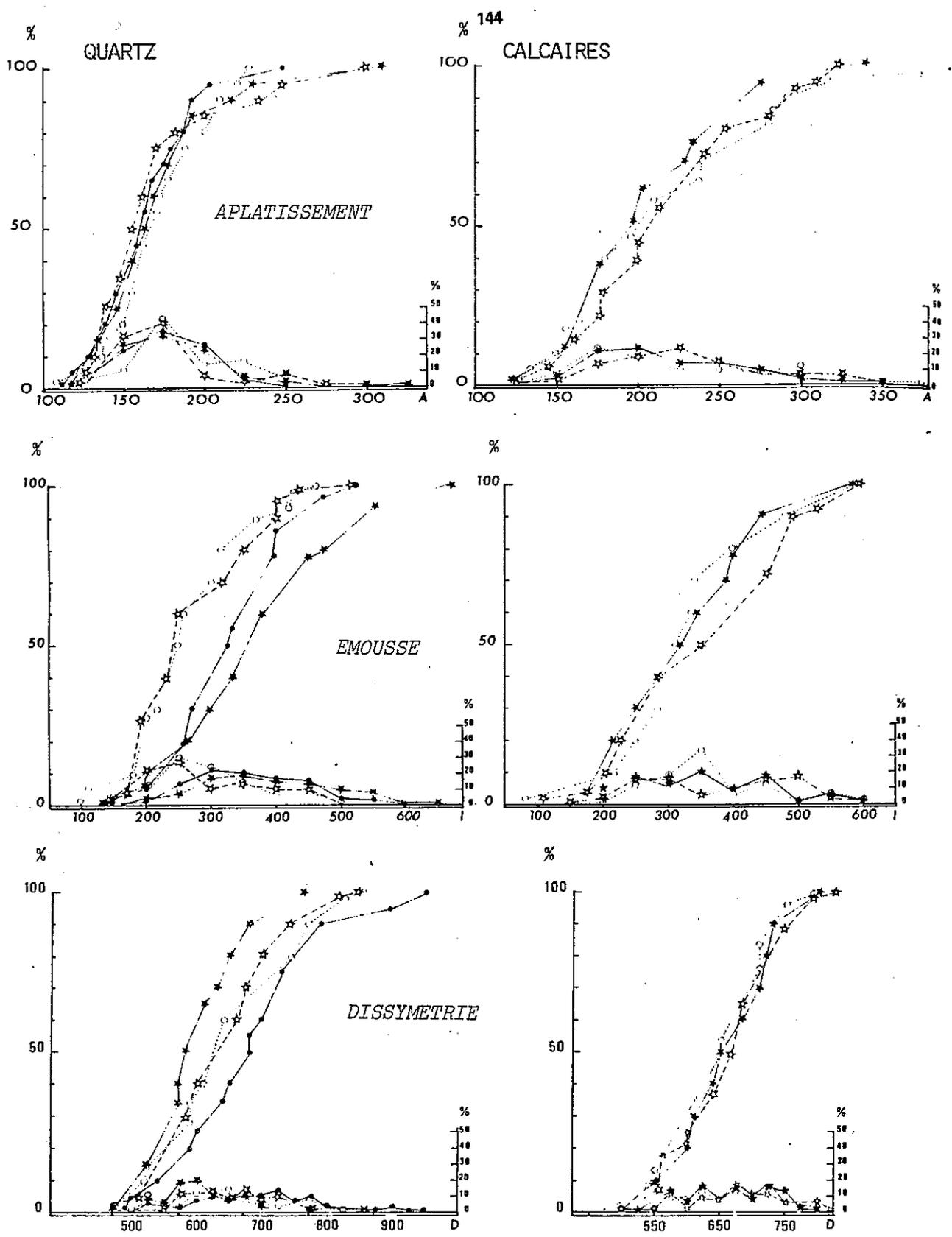
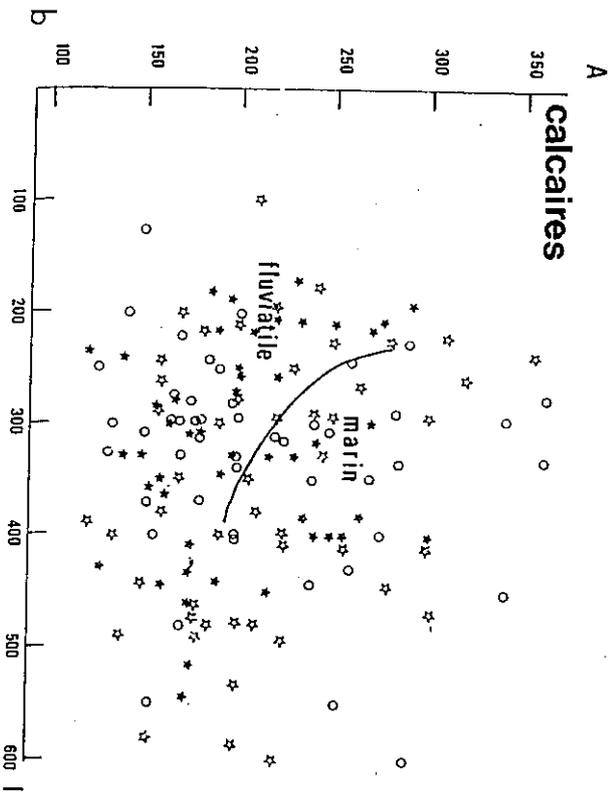
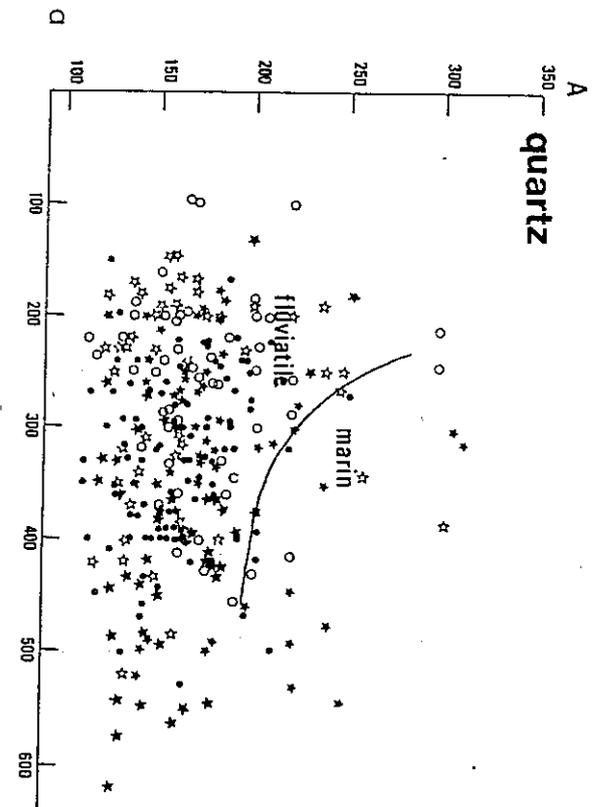


Fig.81: courbes de fréquences simple et cumulée des indices d'aplatissement (A), d'émoussé (I) et de dissymétrie (D) de CAILLEUX pour les galets de quartz et de calcaire des niveaux de poudingues. Nombre de galets mesurés cf. fig.77.

—•— col de la Moutière —○— la Boucharde ★★ col de Gialorgue
 ☆--☆ lac de Gialorgue



	QUARTZ				CALCAIRES				
	EPOUSSE		APLATISSEMENT		EPOUSSE		APLATISSEMENT		
	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	Med.	
COL DE LA ROUTIERE cg11 ●	244	326	400	133	160	188	620	240	312
LA BOUCHARDE cg117cg127 ○	190	250	363	137	165	207	651	211	320
LAC DE GIALONGUE cg12 ★	250	353	486	135	163	192	600	211	320
COL DE GIALONGUE cg11 ☆	177	240	385	131	158	220	650	216	350

TABIEAU E: valeurs des indices morphométriques des galets de quartz et de calcaire des poudingues pour les différentes stations de comptage.

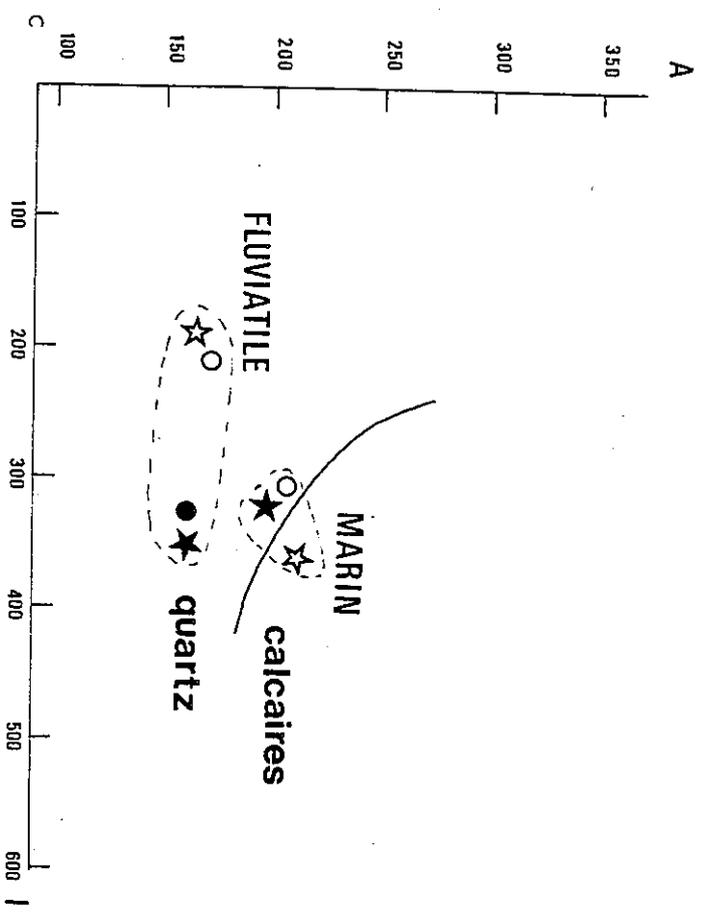
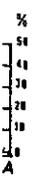
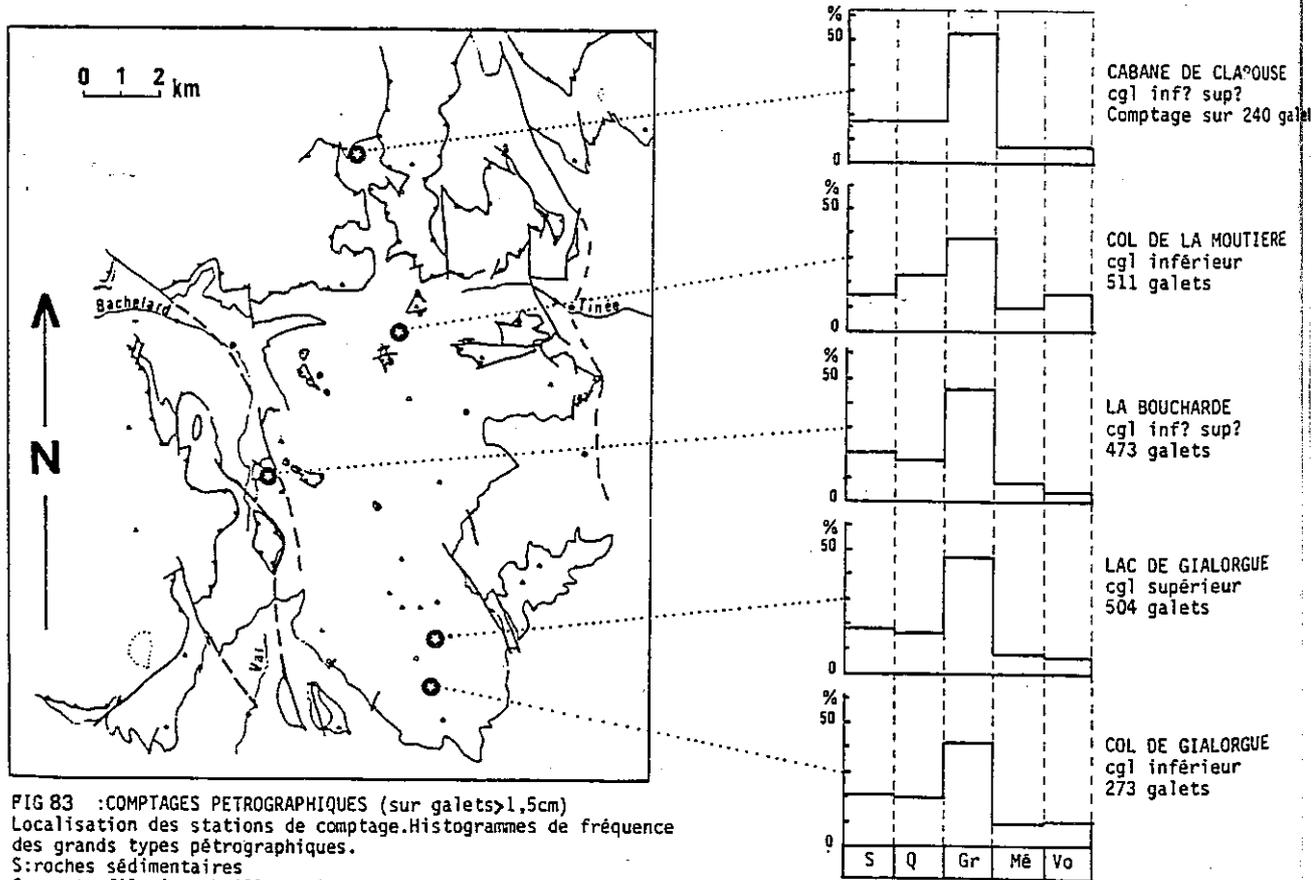


Fig. 82: position des galets de quartz (a), de calcaires (b) et des médianes des populations (c) dans un diagramme A=f(I) pour chaque station de comptage



CLASSES GRANULO. EN CM		1.6-3	3-7	7-15	15-30	30-70	1.6-70	MOYENNE
ROCHES SEDIMENTAIRES (calcaires,gres)	CABANE DE CLAPOUSE	28.94	39.47	23.68	7.89	0	16.83	
	COL DE LA MOUTIERE	12.50	59.72	22.20	5.55	0	14.28	
	LA BOUCHARDE	21.78	57.42	16.83	2.97	1.0	21.30	18.43
	LAC DE GIALORGUE	27.27	44.40	22.20	3.03	3.03	19.38	
	COL DE GIALORGUE	21.42	51.78	19.64	5.35	1.78	20.37	
ROCHES SILICEUSES (quartz,chaïlles silex...)	CABANE DE CLAPOUSE	74.19	25.81	0	0	0	17.78	
	COL DE LA MOUTIERE	56.89	37.93	5.17	0	0	17.80	
	LA BOUCHARDE	52.94	41.17	5.88	0	0	17.90	19.08
	LAC DE GIALORGUE	59.34	36.26	4.39	0	0	23.01	
	COL DE GIALORGUE	42.59	53.70	3.70	0	0	16.91	
ROCHES PLUTONIQUES (granites dominants)	CABANE DE CLAPOUSE	18.18	34.96	32.86	12.58	1.39	50.58	
	COL DE LA MOUTIERE	5.76	64.39	23.03	4.71	2.09	37.89	
	LA BOUCHARDE	15.90	49.54	28.18	5.0	1.36	46.51	44.92
	LAC DE GIALORGUE	29.90	46.72	20.49	2.86	0	47.75	
	COL DE GIALORGUE	18.42	47.36	27.19	6.14	0.87	41.89	
ROCHES METAMORPHIQUES	CABANE DE CLAPOUSE	7.14	57.14	14.28	21.42	0	7.83	
	COL DE LA MOUTIERE	6.12	63.26	24.48	4.08	2.04	9.72	
	LA BOUCHARDE	4.87	48.78	41.46	4.87	0	8.67	8.61
	LAC DE GIALORGUE	24.39	39.02	29.26	7.31	0	8.02	
	COL DE GIALORGUE	12.50	50.0	25.0	12.50	0	8.79	
ROCHES VOLCANIQUES (et micro- granites)	CABANE DE CLAPOUSE	28.57	28.57	42.86	0	0	7.83	
	COL DE LA MOUTIERE	23.68	65.79	9.21	1.31	0	15.07	
	LA BOUCHARDE	19.23	57.69	23.07	0	0	5.49	8.92
	LAC DE GIALORGUE	19.44	41.66	30.55	8.33	0	7.04	
	COL DE GIALORGUE	16.00	60.0	24.0	0	0	9.15	
TOUTES ROCHES CONFONDUES	CABANE DE CLAPOUSE	27.0	35.40	26.67	10.0	0.83	250	
	COL DE LA MOUTIERE	21.23	57.74	16.86	3.17	1.0	504	
	LA BOUCHARDE	23.04	50.10	22.62	3.38	0.84	473	
	LAC DE GIALORGUE	33.46	43.44	19.37	3.13	0.98	511	
	COL DE GIALORGUE	23.07	50.90	20.51	4.76	0.73	273	

TABLEAU F.-POURCENTAGES DES GRANDS TYPES PETROGRAPHIQUES PAR CLASSES GRANULOMETRIQUES POUR CHAQUE STATION.



D'une façon plus générale, il semble que tous les galets des conglomérats, quel que soit leur type pétrographique, sont globuleux, émoussés et dissymétriques.

C - INTERPRETATION

Tous les galets ont été transportés par roulement, sur une pente assez forte. Ils ont une morphométrie fluviale à tendance torrentielle, ils n'ont pas été remodelés par des courants littoraux (1).

Ils ont été transportés assez longtemps pour être arrondis (2), mais pas assez pour devenir symétriques (3).

Ceci implique une façonnement faible, un transport relativement court par un fleuve côtier (100 km maximum ?). Au débouché du fleuve, les galets pourraient avoir été directement piégés par un canyon atteignant la zone côtière ou avoir été accumulés sur une plate-forme étroite, marginale et repris rapidement par mass-flow.

V - COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES

A - MODE OPERATOIRE

Sur une surface d'affleurement délimitée, on récolte au moins 250 galets de longueur supérieure à 1,6 cm. Pour chacun, on détermine sa nature pétrographique et sa classe granulométrique.

A partir de ces mesures, on établit un tableau de pourcentage des principaux groupes pétrographiques en fonction de leur classe granulométrique pour chaque station (tableau F). Les résultats sont traduits sous forme d'histogrammes de fréquence (fig. 83).

B - RESULTATS

Pour l'ensemble des stations, les résultats obtenus sont voisins. La composition pétrographique des galets des deux niveaux conglomératiques (fig. 83, lac et col de Gialorgue) est sensiblement la même.

La classe granulométrique la plus représentée est celle des galets de 3 à 7 cm (fig. 84). Seules les roches "siliceuses" (quartz, chailles, silex) ont une dimension moyenne plus petite. Les plus gros galets ($L > 50$ cm) sont généralement des roches cristallines, mais parmi les roches sédimentaires, les grès peuvent atteindre des dimensions du même ordre. Les calcaires excèdent rarement des longueurs de 30 cm.

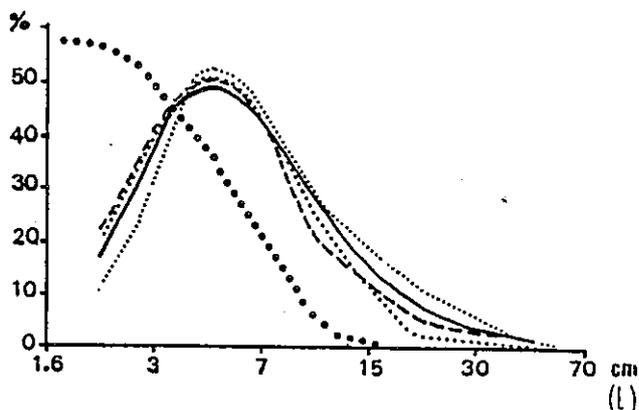


Fig. 84: courbes granulométriques en fréquence simple des différentes classes pétrographiques de galets.

- quartz filoniens, chailles, silex
- granites et aplites
- rhyolites et microgranites
- roches métamorphiques
- roches sédimentaires

Les roches endogènes dominant largement

Près de 50 % de roches plutoniques acides : granites et aplites présentant des faciès très variés. La plupart sont très clairs en pâte et en cassure, leur granulométrie est variable.

Environ 10 % de laves, essentiellement des rhyolites : Lors des comptages, les microgranites ont été rangés dans cette catégorie (cf. fig. 83, tableau F), car ils n'ont pas pu être distingués sur le terrain. Là encore les faciès sont variés. Un grand nombre de galets de lave ont une pâte noire ou beige-rosée.

Environ 10 % de roches métamorphiques, dont une majorité de gneiss.

Les roches siliceuses "chimiques" sont abondantes : quartz filoniens dominants, chailles noires fréquents, silex bruns rares, quelques jaspes rouges et verts.

Les roches sédimentaires sont très diverses : grès grossiers, grès fins à laminites, grès à ciment carbonaté, calcaires gréseux, calcaires argileux, bioclastiques, ...

V - CONCLUSION

Les deux niveaux de poudingues de la série Grès d'Annot étudiée présentent les mêmes caractères sédimentologiques et les mêmes associations pétrographiques.

Ce sont des conglomérats très mal classés, comportant 20 % de pélites, 60 % de sable et 20 % de granules et galets. La taille moyenne des galets (> 1 cm) est d'environ 5 cm, les plus gros peuvent atteindre 60 cm de long.

Ce sont vraisemblablement des fleuves à tendance torrentielle ou des rivières qui ont façonné et transporté les galets avant leur reprise par coulées boueuses sous-marines. Ce transport originel a pu être assez court.

Au point de vue pétrographique, c'est le matériel cristallin qui domine avec une majorité de granites. Dans le détail, on est frappé par la diversité des faciès présents dans les poudingues, aussi bien pour les galets de roches cristallines que sédimentaires. Une étude pétrographique détaillée était donc nécessaire pour obtenir des précisions sur leur provenance. Elle fait l'objet des chapitres suivants.

Dans la chaîne des Trois-Evêchés, le niveau de poudingue supérieur présente, à première vue, les mêmes caractères granulométriques et morphométriques que les conglomérats de Sanguinière-Restefond. Les associations pétrographiques semblent identiques avec un peu moins de galets de calcaire.

Au Lauzanier (série Grès d'Annot nord-Argentera), on a vu que les petits galets granoclassés à la base des bancs à granules sont en majorité des roches endogènes (granites, rhyolites, aplites, gneiss, ...) de faciès comparables aux galets de poudingues ouest-Argentera. Les roches sédimentaires sont très peu représentées.

Dans les séries Grès d'Annot situées plus au Sud et à Saint-Antonin en particulier, les caractères sédimentologiques et pétrographiques des conglomérats sont différents.

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE 3

PETROGRAPHIE DES ROCHES SEDIMENTAIRES
EN GALETS DANS LES POUDINGUES

I - LES ROCHES DÉTRITIQUES

II - LES CALCAIRES

III - CONCLUSION

Les roches sédimentaires représentent plus de 15 % des galets des poudingues. Ce sont des grès, des calcaires gréseux et des calcaires plus ou moins argileux, avec une proportion non négligeable de calcaires bioclastiques.

I - LES ROCHES DÉTRITIQUES (GRÈS, CALCAIRES GRÉSEUX)

A - DESCRIPTION DES PRINCIPAUX FACIES

- Grès très fin ou silt de couleur brune à laminites et convolutes inframillimétriques. lame-type : Ca 15.

Ils sont beaucoup plus indurés et en moyenne de granulométrie plus fine que les silts jaunâtres à laminites des turbidites fines de la série Grès d'Annot. De plus, ils ne contiennent jamais de calcite. En lame mince, les grains (quartz, feldspaths, micas) sont jointifs et anguleux. Il s'agit probablement de dépôts turbiditiques très fins. Il semble qu'on retrouve le même type de galet dans les Schistes à blocs.

- Grès à ciment carbonaté sans structure interne (grains moyens à grossiers). lame-types : Ca 12, Ca 13.

Ces galets sont toujours très altérés superficiellement. La roche est alors pulvérulente et prend une couleur rousse, cependant qu'en cassure "fraîche", elle est grise.

Il s'agit d'arkoses à plagioclases et microcline, comportant de nombreux débris de roches cristallines : quartzites, gneiss, andésites, ... Les fragments de roches sédimentaires et les organismes remaniés sont plus rares : un débris de calcaire à foraminifères dans Ca 12, un débris de calcaire à oolithes, quelques Rotaliidés et peut-être un fragment de Lithotamnium dans Ca 13 (âge au moins Crétacé inférieur ?).

Un caractère particulier de ces grès est que 80 % des grains sont extrêmement anguleux. Leur transport a donc été très bref.

- Grès à ciment carbonaté à lamines grossières.
- Grès grossier et microconglomérat à matrice carbonatée

La teinte sombre de ces roches et leurs gros quartz arrondis rappellent certains grès houillers ou permien.

- Calcaire gréseux de teinte grise . lame-type Ca 1

En patine, la roche est "piquetée" de petits grains de quartz jaunâtre. En lame mince, les éléments détritiques sont des grains de quartz, feldspath, des débris de roches (granites, gneiss, laves acides) et d'organismes.

Il n'est pas possible de préciser l'origine de ces roches.

B - COMPARAISON AVEC LES ROCHES EN GALETS DANS LES AFFLEUREMENTS DE GRES
D'ANNOT VOISINS

- Un échantillonnage sommaire a été réalisé dans le niveau de poudingue supérieur du massif des Trois-Evêchés. On y observe également des grès et des calcaires gréseux dont certains comportent de la glauconie. Etant donnée l'absence de roches glauconieuses dans les poudingues de Sanguinière-Restefond, on peut émettre des doutes sur une éventuelle corrélation entre les coulées boueuses situées de part et d'autre du Verdon.

- Dans les niveaux à granules de la série du Lauzanier, quelques grès et calcaires gréseux ont été observés.

- A Annot (route de la Beauge) et à Saint-Antonin, j'ai récolté de nombreuses roches détritiques dont plusieurs à glauconie (4 sur 18 à Annot, 8 sur 20 à St-Antonin).

II - LES CALCAIRES

Après un échantillonnage d'environ 100 galets, l'étude des faciès calcaires a été réalisée sur 60 sections polies et 25 lames minces.

Sur le terrain, il apparaît qu'environ 50 % de ces galets sont des calcaires très fins ne comportant aucun élément figuré. En lame mince, ils présentent de fréquentes traces d'hydrocarbures. Ces roches étant visiblement azoïques, mon attention a porté essentiellement sur les galets de calcaires bioclastiques, abondants dans les poudingues et dont une forte proportion a pu être datée.

A - LES CALCAIRES NUMMULITIQUES

Ils sont peu nombreux. Des datations ont été effectuées sur 8 échantillons par A. BLONDEAU (Université P. et M. CURIE, Paris).

1) Détermination des faunes - Stratigraphie

Ca5 : Nummulites puschi d'Archiac (A et B) ; N. millecaput (A) de Boubée ; N. cf. biarritzensis d'Archiac ; N. praegarnieri de Schaub (fig. 85).

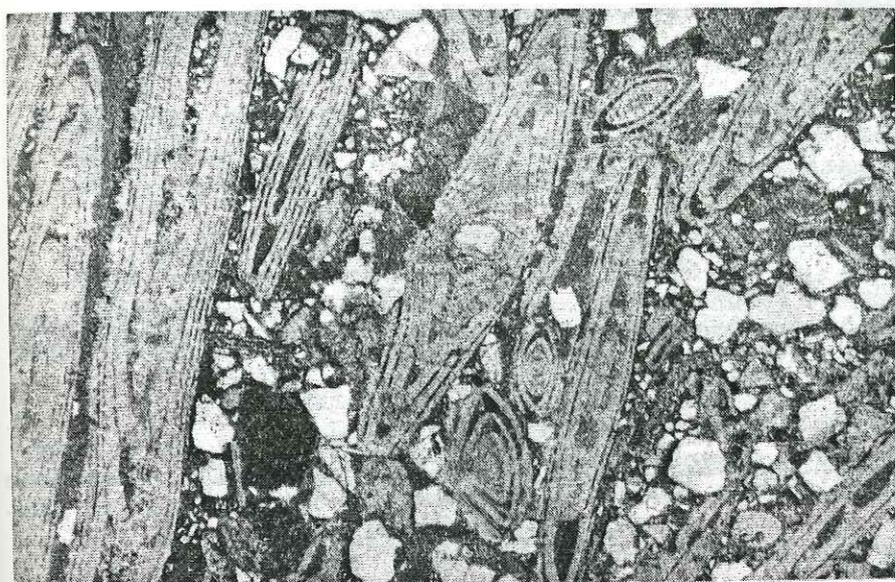
Ca6 : Nummulites millecaput (A et B) ; N. cf. praegarnieri ; Discocyclines sp.

Ca30 : Nummulites millecaput (A et B) ; N. biarritzensis ; N. praegarnieri.

Ca31a : Nummulites millecaput (A et B) ; N. biarritzensis ; N. cf. praegarnieri ;
Ca31b : N. dufresnoyi ?

Ca28 : Nummulites millecaput ; N. biarritzensis ; Discocyclines ; Assilina exponens (Sorv.) A et B.

De grandes Nummulites ont été trouvées isolées en galets (environ 1,5 cm de Ø). Deux ont été déterminées, il s'agit de Nummulites perforatus (B) de Monfort.



Lame Ca5

- N. puschi* d'Archiac (A)
- N. millecaput* Boubée (B)
- N. biarritzensis* d'Archiac (A)

Fig. 85 : Lame Ca5 - Calcaire nummulitique en galet dans les poudingues de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

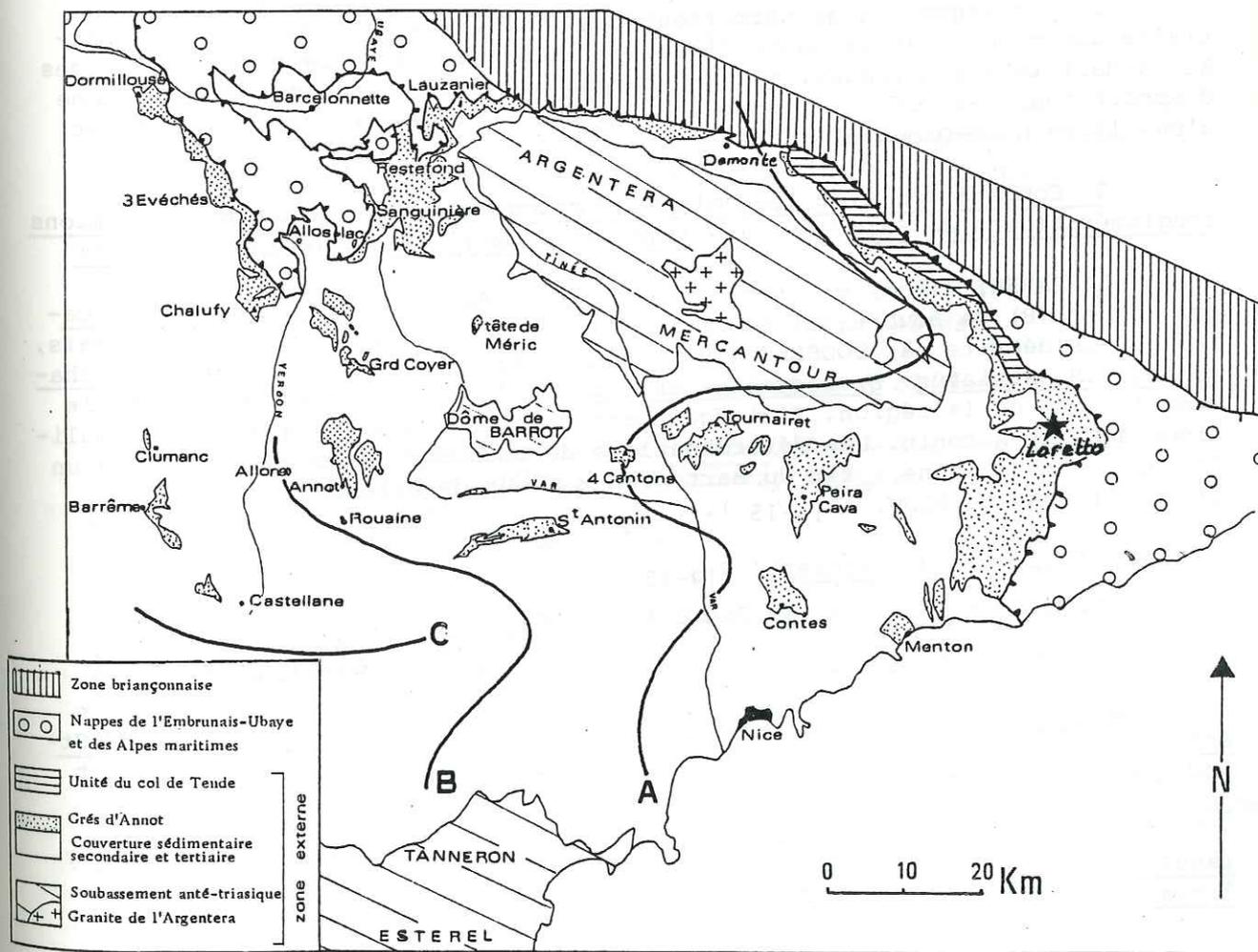


Fig. 86 : Limite d'extension vers l'Ouest des calcaires à Nummulites déposés en biozones A, B, C d'après CAMPREDON (1977), modifié.

Ces faunes indiquent un âge Eocène moyen de la limite Lutétien (P12) à Bartonien (P13-14). Le faciès est biarritzien.

Si l'on se repère au système de zonation à l'aide des foraminifères benthiques utilisé par BODELLE (1971) et CAMPREDON (1972, 1977), ces calcaires nummulitiques appartiennent à la biozone A.

2) Recherche de l'origine des galets de Nummulitique (fig. 86)

Au S.E. de la région étudiée (dans sa position palinspastique), existait donc pendant le dépôt des Grès d'Annot, une zone émergée après le dépôt du calcaire nummulitique.

Compte tenu de l'âge des galets de calcaire à Nummulites, cette zone devait être en position assez orientale. En effet, dans le domaine autochtone s.l., les calcaires nummulitiques déposés totalement ou partiellement en biozone A sont situés dans les arcs de Nice et de la Roya, dans le secteur oriental et dans l'unité parautochtone du Col de Tende. Plus précisément, Nummulites millecaput est assez caractéristique des Alpes-Maritimes italiennes et pour A. BLONDEAU, mes échantillons présentent de fortes analogies de faciès avec les calcaires du gisement de Loretto, près de Molini de Triora, dans le secteur oriental (au Nord de San-Remo).

Si ces arguments ne permettent pas d'affirmer que les galets de Tertiaire des poudingues de Haute-Tinée sont issus du calcaire nummulitique des Alpes-Maritimes italiennes, ils autorisent par contre à éliminer comme zone d'apport tous les affleurements de calcaires à Nummulites situés à l'Ouest d'une ligne Nice-Demonte.

3) Comparaison avec les galets de calcaire nummulitique des formations conglomératiques de Saint-Antonin (équivalent méridional des Grès d'Annot)

LAPPARENT (1938) y a reconnu des galets de grès à Nummulites millecaput (A) et (B) de Boubée qui pourraient indiquer une origine orientale. Mais, les galets décrits par BODELLE (1971) sont d'âge plus récent (Nummulites chavannesi, N. striatus, Discocyclusa pratti) et de faciès très commun dans le Nummulitique de la région. J'ai également récolté quelques galets de Nummulitique à Saint-Antonin. Les déterminations de BLONDEAU indiquent là encore un âge un peu plus jeune : fin du Bartonien - début de Priabonien (biozones planctoniques de BLOW, P14-15).

- Sa1-22 : N. garnieri P14-15
 Sa2bN1 : N. striatus, Operculines P14-(15)
 Sa2bN2 : N. brongniarti d'Archiac et grandes Operculines P(13)-14.

La plupart des galets de calcaire nummulitique des conglomérats de Saint-Antonin semble être d'origine locale ou méridionale (des figures de courant indiquent à Saint-Antonin des apports du Sud vers le Nord).

En revanche, ceux des poudingues de Sanguinière-Restefond seraient issus de secteurs sud-orientaux où la sédimentation des calcaires à Nummulitiques a débuté plus précocement.

B - LES CALCAIRES DE PLATE-FORME DU JURASSIQUE TERMINAL ET DU CRETACE INFERIEUR

- Les faciès de plate-forme (non-nummulitiques) sont abondants parmi les galets de calcaire des niveaux de poudingue. Macroscopiquement, se sont des calcaires gris-sombre en pâte et en cassure.

- Les déterminations de faune ont été effectuées par A. ARNAUD-VANNEAU et H. ARNAUD (Institut Dolomieu, Grenoble), J.P. MASSE (Centre d'Océanologie, Université d'Aix-Marseille 2) et M. MOULLADE (Centre de Recherches micropaléontologiques "Jean Cuvillier", Nice).

- 50 sections polies, 15 lames minces.

1) Faciès et stratigraphie

a) Les faciès grossiers

- Les oosparites (environ 1/4 des sections polies)

Lame C001 - oosparite, grainstone à grandes oolites ($\phi = 1$ mm) cf. fig. 87
Les nucléi des oolites sont formés par des débris d'Echinodermes et des plaques de Crinoïdes.

Bioclastes et microfaune : Orbitolinidés, Miliolidés, débris d'Algues.

Milieu de dépôt : plate-forme externe.

Age : Barrémo-bédoulien.

Lame Ca10 - oosparite, grainstone à grandes oolites et bioclastes.

Bioclastes et microfaune : quelques Orbitolinidés, Nauticulina bronnmanni, plaques de Crinoïdes, débris de Cnidaires usés.

Milieu de dépôt : plate-forme externe.

Age : Crétacé inférieur.

- Les biosparites (environ 1/2 des sections polies)

Lame CD2 - biosparite, grainstone bioclastique à éléments de grande taille (> 1 cm).

Bioclastes et microfaune : une Algue Boueina, Trocholines du Barrémo-bédoulien, Macroporella verticilata, débris de Bivalves, Eponges, Coraux.

Milieu de dépôt : bordure ?

Age : Barrémien supérieur à Bédoulien.

Lame CD4 - biosparite, grainstone bioclastique (fig. 87).

Bioclastes et microfaune : une Algue Terquemella, Textularidés, Crinoïdes, débris de Bryozoaires usés.

Milieu de dépôt : sommet de talus externe.

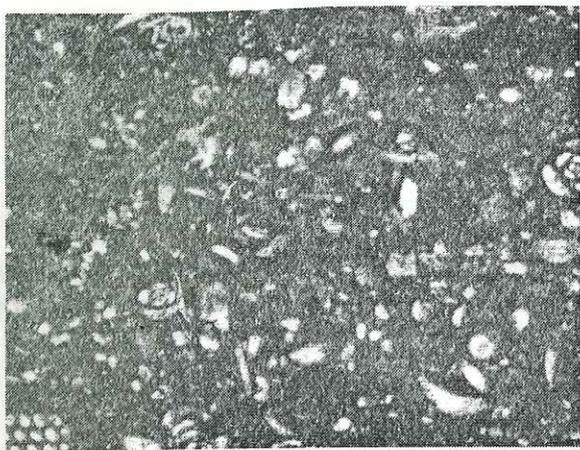
Age : Crétacé inférieur probable.

Lame Ca2 - biooncosparite, packstone à bioclastes et oncoïdes.

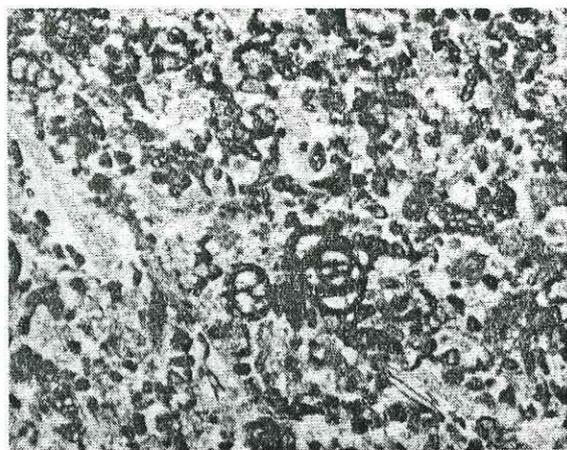
Bioclastes et microfaune : Pseudocyclammina cf. lituus, Textularia cf. tetragonica.

Milieu de dépôt : plate-forme interne.

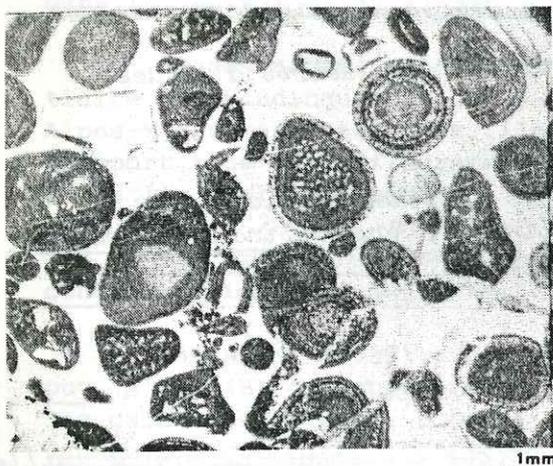
Age : Berriasien probable.



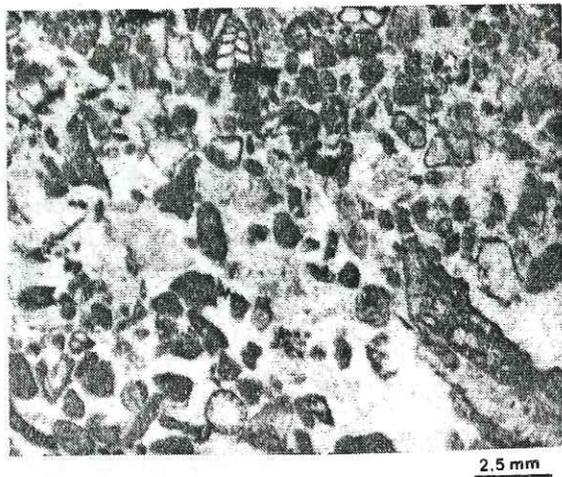
Lame Zb : biomicrite à Miliolidés et Orbitolinidés.
Plate-forme interne. Barrémo-Aptien.



Lame Ca8 : biopelsparite fine à Miliolidés et débris d'Echinodermes. Talus externe. Hauterivien à Barrémo-Bédoulien.



Lame C001 : oosparite à Orbitolinidés, Miliolidés et débris d'Algues.
Plate-forme externe. Barrémo-Bédoulien.



Lame CD4 : biosparite à Textularidés, Crinoïdes, débris de Bryozoaires. Sommet de talus externe. Crétacé inférieur probable.



Lame Ca3a : biosparite à débris de Stromatopores et de Coraux (Algue *Clypeina jurassica*). Plate-forme. Portlandien?

Figure 87 - Les calcaires de plate-forme du Jurassique terminal et du Crétacé inférieur en galets dans les poudingues de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

Lame ZN - biosparite, grainstone à packstone bioclastique.
Bioclastes et microfaune : débris d'Echinodermes, Miliolidés, Trocholines, Lituolidés, débris d'Algues, Textularidés.
Milieu de dépôt : infralittoral, proche de la bordure externe.
Age : Crétacé inférieur. Berriasien ? Valanginien ?

Lame Ca3a - biosparite, grainstone bioclastique (fig. 87).
Bioclastes et microfaune : Clypeina jurassica Trocholina sp. alpina, Neoteutoporella socialis, nombreux débris de Coraux et de Stromatopores.
Milieu de dépôt : plate-forme.
Age : Portlandien?

b) Les faciès fins (environ 1/4 des section polies)

Lame Ca8 - biopelsparite fine, grainstone à bioclastes et peloides (fig.87).
Bioclastes et microfaune : Miliolidés, débris d'Echinodermes.
Milieu de dépôt : talus externe (coulées bioclastiques sur la pente du talus).
Age : Hauterivien à Barrémo-bédoulien.

Lame Zb - biomicrite (fig. 87).
Bioclastes et microfaune : Miliolidés, Orbitolinidés.
Milieu de dépôt : plate-forme interne.
Age : Barrémo-aptien.

Lame Cd10 - Biomicrite.
Bioclastes et microfaune : Miliolidés, Belorussiella sp., Orbitolinidés.
Milieu de dépôt : plate-forme interne.
Age : Portlandien à Crétacé inférieur.

Parmi les rares galets de calcaire blanc trouvés dans les conglomérats, un seul a pu être daté.

Lame Cd15 - faciès de plate-forme interne peu profonde à rares Bryozoaires; fragments de Dictyopsella sp.; Textulariidés et Verneuulinidés dont plusieurs espèces de Dorothia : D. gr. hauteriviana-praeoxycona, D. cf. kummi, D. subtrochus; rares Miliolidés.
Age : Hauterivien supérieur - Barrémien inférieur.

2) Origine possible (fig.88)

Les galets de calcaire bioclastiques des niveaux de poudingues des Grès d'Annot ouest-Argentera sont pour la plupart d'âge crétacé inférieur avec une forte proportion de faciès "urgoniens" s.l. Les calcaires du Portlandien sont beaucoup plus rares. Ce sont des carbonates de plate-forme interne, externe, de bordure et de talus.

Ils présentent la particularité d'être sombres, contrairement à la majorité des calcaires de plate-forme connus dans le SE à la même époque et qui sont de couleur claire.

La couleur sombre n'est pas liée à la présence d'argile puisque ce sont des calcaires "purs" (99 à 100 % de Ca CO₃ dosé au manocalcimètre) , mais plus vraisemblablement à un peu de matière organique (sans qu'il s'agisse de dépôts de milieu calme, confiné type lagon).

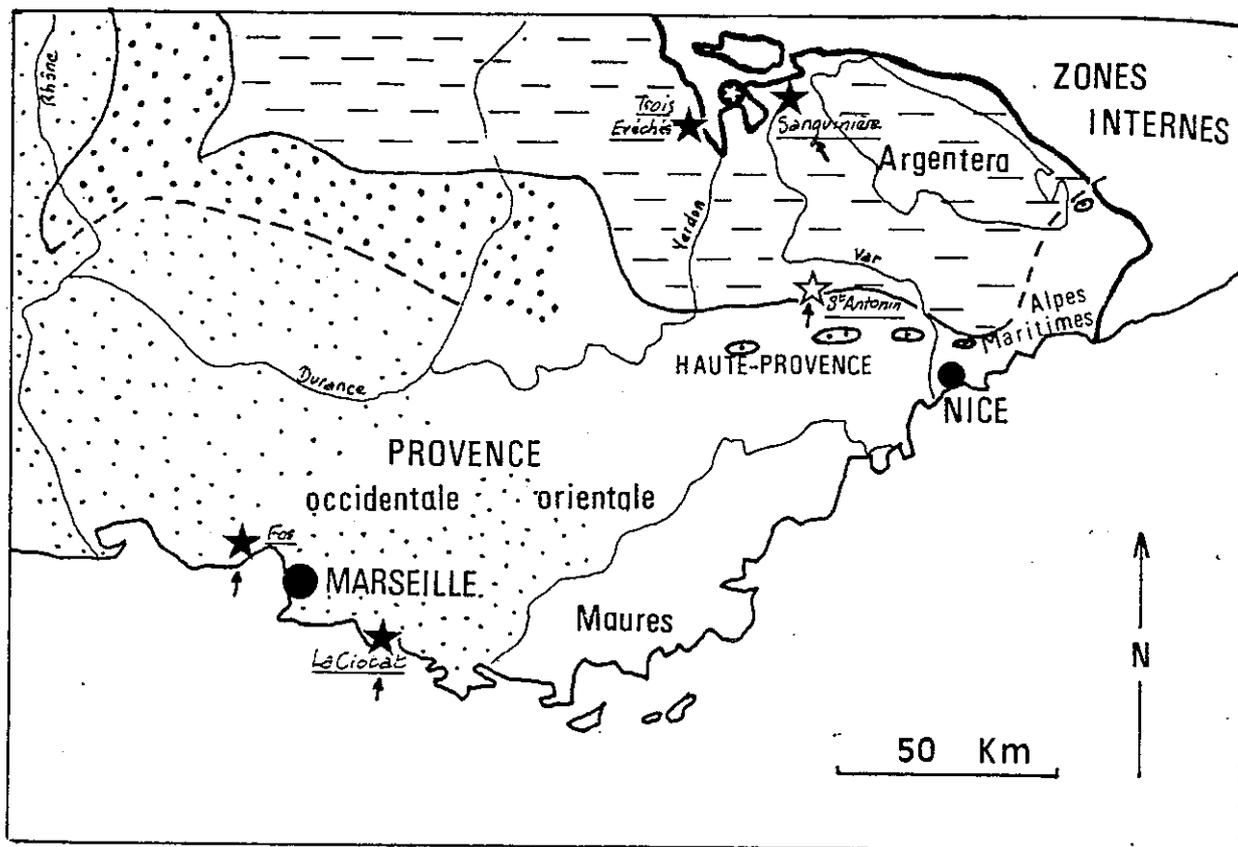


Fig. 88 : Carte interprétative de répartition et d'extension des faciès du Crétacé inférieur dans la zone subalpine méridionale et en Provence (niveau représenté : Barrémien inférieur).

-  faciès de plate-forme
-  faciès hémipélagiques
-  faciès de bassin pélagique
-  flaques de calcaires micritiques à Céphalopodes, glauconie, galets phosphatés, niveaux de condensation (Alpes-Maritimes)

D'après les travaux d'ARNAUD-VANNEAU et al. (1979), MAURY et RICOU (1983) et les cartes géologiques Gap, Nice, Marseille, au 250 000è.

- ★ formation de poudingue comportant des galets de calcaires sombres de plate-forme du Crétacé inférieur (Turonien de la Ciotat, Bégudien de Fos, Grès d'Annot des hautes-vallées du Verdon, du Var et de la Tinée: Eocène supérieur)
- ★ (with circle) conglomérats tertiaires des unités subbriançonnaises du Lac d'Allos et du Pelat, à très rares galets de calcaires de plate-forme sombres du Malm
- ★ formation de poudingue à galets de calcaire blanc de plate-forme du Malm-Néocomien (conglomérats de Saint-Antonin : Oligocène inf.)
- ↑ sens des apports dans ces formations.

Malgré une grande similitude de faciès en lame mince, on peut donc éliminer, comme zone d'apport de ces galets, les calcaires du Crétacé inférieur de la plate-forme provençale (calcaires blancs de Provence, Urgonien s.l.).

Il en va de même pour le Crétacé inférieur des chaînes subalpines de Haute-Provence et des Alpes -Maritimes, très réduit et fréquemment glauconieux. A ce propos, aucune roche à glauconie n'a été observée dans les poudingues de Sanguinière-Restefond.

- Le Crétacé inférieur est encore représenté par des calcaires de plate-forme de couleur blanche en Corse, en Sardaigne et en Italie (plate-forme apulienne).

- Dans le domaine parautochtone (unité du Col de Tende) et dans les nappes de l'Ubaye (unité des Séolanes), c'est essentiellement au cours du Malm que se développent les faciès de plate-forme. Là encore, ce sont des calcaires clairs. Toutefois, quelques calcaires sombres de plate-forme datés du Malm ont été récemment découverts dans les conglomérats nummulitiques des unités subbriançonnaises du Lac d'Allos et du Pelat (C. BLANC, thèse en cours, Grenoble).

- L'affleurement le plus proche de calcaires sombres de plate-forme du Crétacé supérieur est situé à côté de Narbonne à la Montagne de la Clape. Ces faciès noirs ou gris sont abondants dans les Pyrénées et en Espagne.

- Cependant, ils existent en galets dans deux formations détritiques provençales du Crétacé supérieur, considérées comme d'origine corso-sarde (communication orale J.P. MASSE):

. les conglomérats turoniens de la Ciotat, qui comportent en outre une majorité de galets de grès permien ;

. les conglomérats bégudiens de Fos et Martigues, "poudingues à éléments de calcaires crétacés et jurassiques connus dans la région, grès-quartzites du Permo-Trias parfois dominants et calcaires noirs et gris à faciès urgonien. Ces faciès seraient comparables à des faciès nord-pyrénéens (Corbières) et inconnus en basse-Provence" (J.P. MASSE, In légende des cartes Istres et Martigues au 50 000è).

Dans les affleurements de couverture du massif corso-sarde préservés actuellement en Provence, en Corse et en Sardaigne, le Crétacé inférieur est donc représenté par des calcaires de plate-forme blancs.

En fait, il est probable que le Crétacé inférieur (et le Malm) de ce massif comportait également des zones à calcaires de plate-forme sombres (matière organique). Une de ces zones, émergée depuis le Crétacé supérieur, a dû alimenter les conglomérats de Fos et la Ciotat. Une autre, en situation plus orientale et émergée plus tardivement (au Nummulitique), pourrait avoir fourni d'assez nombreux galets dans les Grès d'Annot de Haute-Tinée (et quelques uns seulement dans les unités du Pelat et du Lac d'Allos?).

3) Comparaison avec les calcaires en galets dans les conglomérats des affleurements de Grès d'Annot voisins

Le même type de matériel existe dans le niveau supérieur de poudingue de la chaîne des Trois-Evêchés, à l'Ouest de notre terrain, sur 20 sections polies effectuées dans les galets calcaires, 10 sont des calcaires oolithiques ou bioclastiques sombres.

Dans la série du Lauzanier, nous n'avons pas récolté de galet de calcaire.

Dans une lentille à galets des Grès d'Annot s.s., un galet de calcaire blanc d'âge crétacé inférieur a été découvert. Il s'agit d'un faciès de talus à Bolinopsis (Lame Ar 1).

A Saint-Antonin, les formations conglomératiques comportent d'assez nombreux galets de calcaires blancs. Une quinzaine ont été échantillonnés. La plupart sont des calcaires de plate-forme et de talus du Jurassique et du Crétacé inférieur (déterminations J.P. MASSE) qui pourraient être issus de la plate-forme provençale. Exemples :

Lame Sa 128 - Grainstone à *peloides*, *oncolites*, *oolithes*.

Microfaune : *Lituolittidés*, *Valvulinidés*, *Protopenéropilis gn. striata trochan-gulata*.

Milieu de dépôt : plate-forme externe.

Age : Portlandien à Berriasien inférieur.

Lame Sa2b5 - Grainstone à *oncolites*.

Milieu de dépôt : plate-forme externe.

Age : Jurassique à Crétacé inférieur.

Lame Sa1.16 - Grainstone, packstone microsparitique à spicules de spongiaires, agrégats, *microoncolites*.

Microfaune : *Lenticulina*, *Ophthalmidiidés*.

Milieu de dépôt : talus.

Age : Jurassique-Crétacé inférieur.

C - AUTRES FACIES CALCAIRES

Ce sont des calcaires à structures internes et/ou bioclastes divers, mais sans microfaune caractéristique ou déterminable. Exemples :

Lame CD8 - micrite à *birds eyes*.

Lame CD5 - micrite à *keystone wugs*.

Lame C27 - micrite à terriers, pellets, débris de coquille, tests de petits ostracodes.

Lame CZ12b - calcaire à polypier dolomitisé.

Lame CC7 - micrite à radiolaires, petits foraminifères benthiques à test hyalin et agglutinant (peut-être post-Crétacé inférieur ?). La roche est blanche, contrairement aux faciès précédents qui sont tous des calcaires sombres.

III - CONCLUSION A L'ETUDE DES GALETS DE ROCHES SEDIMENTAIRES DANS LES GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

Parmi les galets sédimentaires des poudingues de Sanguinière et Restefond (> 15 % des galets), les roches détritiques (grès fins à laminites, grès à ciment calcaire, calcaires gréseux...) n'apportent pas d'élément quant à l'origine du matériel conglomératique. On notera toutefois l'absence de roches à glauconie, pourtant assez fréquentes dans les niveaux grossiers et autres affleurements Grès d'Annot (Grand Coyer, Annot, St Antonin et même poudingue des Trois-Evêchés).

Ce sont les calcaires bioclastiques et en particulier ceux du Nummulitique et du Crétacé inférieur qui nous ont fourni le plus de renseignements sur la zone d'apport des poudingues.

- Les calcaires à Nummulites, d'âge Eocène moyen, pourraient provenir des confins sud-orientaux du domaine externe. Ils présentent de fortes affinités de faciès avec ceux des Alpes-Maritimes italiennes.

- Les calcaires du Crétacé inférieur, plus rarement du Jurassique terminal (Portlandien à Bédoulien) sont des calcaires de plate-forme, de couleur sombre (matière organique), inconnus à l'affleurement dans les chaînes subalpines, en Provence et en Corse (calcaires blancs). On ne les connaît pas non plus dans les zones internes des Alpes méridionales, sauf peut-être quelques uns en galets dans le Nummulitique des unités subbriançonnaises du Lac d'Allos et du Pelat.

- Compte-tenu de la "composante orientale" indiquée par l'âge et le faciès des galets de calcaire nummulitique, il est probable que les calcaires sombres du Crétacé inférieur soient issus des prolongements vers l'Est de la plate-forme provençale mésozoïque. Malheureusement, la paléogéographie des Alpes-Maritimes françaises et italiennes, à cette époque, est mal connue et fait l'objet de modèles très différents et peu précis (cf. fig. 4, introduction générale).

- Cette plate-forme comprenait sans doute d'autres zones à dépôt de calcaires sombres, plus à l'Ouest, qui ont contribué à l'alimentation de formations conglomératiques dans la région de Marseille lors du soulèvement brutal du massif corso-sarde au Crétacé supérieur.

- Si une origine sud-orientale peut être envisagée pour le matériel sédimentaire des poudingues de Sanguinière-Restefond et probablement aussi pour ceux des Trois-Evêchés, il en va autrement pour les conglomérats des autres secteurs à Grès d'Annot. A Saint-Antonin, où la taille et l'abondance des galets de calcaires a permis une étude pétrographique sommaire, les apports sont locaux pour les calcaires à Nummulites et une alimentation partielle à partir des calcaires blancs jurassiques et urgoniens de la plate-forme provençale est tout à fait probable.

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE 4

PETROGRAPHIE DES ROCHES ENDOGENES

EN GALETS DANS LES POUDINGUES

I - LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES

II - LES ROCHES MAGMATIQUES

III - CONCLUSION

I - LES ROCHES MÉTAMORPHIQUES

Les roches métamorphiques représentent environ 10 % des galets des poudingues de Sanguinière-Restefond. Ce sont des gneiss pour les 2/3 au moins qui présentent de nombreux faciès dont les plus fréquents sont décrits dans ce chapitre.

A - GNEISS

1) Gneiss granitoïdes à 2 micas

Lames types : Me5, Me9

Description macroscopique : ce sont des granites légèrement écrasés. La roche est claire, à grain assez grossier, les quartz, les feldspaths et les micas sont visibles à l'oeil nu.

Description microscopique :

- quartz en grandes plages xénomorphes ;
 - orthose parfois perthitique ;
 - oligoclase (An. 25-30) ;
 - muscovite et biotite (décolorée ou chloritisée). Les paillettes de micas ont une orientation à peine marquée.
-] en proportions voisines

2) Gneiss à 2 micas

Lame type : Me 3

Description macroscopique : La roche est claire, à grains millimétriques. L'orientation est plus marquée que dans les gneiss granitoïdes, mais elle est encore très irrégulière. Les paillettes de muscovite sont abondantes.

Description microscopique :

- quartz en grandes plages xénomorphes ;
 - orthose ;
 - Andésine (An. 30-35) ;
 - muscovite en grandes paillettes soulignant l'orientation ;
 - biotite chloritée moins abondante, en paillettes plus petites ;
 - quelques grenats, un peu de sillimanite.
-] en proportions voisines

3) Gneiss à biotite chloritisée

Lames types Me 8, Me 10, Me 7

Description macroscopique : La roche est claire, à grain fin. La foliation est bien marquée.

Description microscopique

- quartz en plages de taille variable, xénomorphe et localement en mosaïque ;
- l'orthose domine sur le feldspath calco-sodique en petites plages, très altéré (% An indéterminable) ;
- la biotite est chloritisée.

Tous les minéraux sont nettement orientés.

4) Gneiss à biotite

Lames types : Me 1, Me 12

Description macroscopique : roche sombre à lits irréguliers (tendance ocellée).

Description microscopique :

- quartz en mosaïque ;
- orthose abondante, microcline ;
- oligoclase acide un peu plus rare ;
- biotite fraîche en grosses lamelles formant les lits bien marqués.

5) Gneiss à chlorite

Lame type : B 28

Description macroscopique : la roche est verdâtre. Son orientation n'est visible qu'en cassure.

Description microscopique : quartz, orthose, feldspaths calco-sodiques non déterminables formant une mosaïque de petits grains bien orientés.

La chlorite, abondante, en lamelles "déchiquetées" ne détermine pas de lits.

B - LES QUARTZITES

Lame 4 c

Description macroscopique : la roche est claire, très finement grenue (texture granoblastique fine).

Description microscopique : le quartz se présente en grains de tailles variables, allongés et xénomorphes. La roche est envahie par de très fines lamelles de biotite chloritisée et de séricite.

C - LES MYLONITES

Lame Me 6 : blastomylonite

Description macroscopique : la roche est très sombre, finement grenue, les feldspaths sont visibles à l'oeil nu. L'orientation des grains est très marquée avec une alternance de lits clairs et sombres inframillimétriques.

Description microscopique : le quartz, recristallisé en grains de taille variable, forme des "rubans" dans un fond de cristaux broyés où seule la biotite, en petites lamelles est reconnaissable.

D - COMPARAISON AVEC LES ROCHES REGIONALES

Les roches métamorphiques en galets ont été observées par R. MALARODA (institut de Géologie de Turin) et S. BOGDANOFF (laboratoire de Géologie structurale, Orsay).

Certaines pourraient provenir des séries de Rabuons, Annelle, Malin - vern et de Haute-Stura, soit, en gros, de la moitié NW du massif cristallo - phyllien de l'Argentera. Elles n'en sont toutefois pas caractéristiques compte - tenu de la banalité de leurs faciès.

Les galets sont donc issus du démantèlement d'un socle évolué (gneissique) type Argentera. Compte-tenu de leur taille, ils ne peuvent provenir du remaniement des conglomérats permians du Bégo (cf. 2ème partie, chapitre 2, p. 148) dont les éléments sont de dimensions plus modestes (commun. orale A. FAURE-MURET).

II - LES ROCHES MAGMATIQUES

Elles représentent environ 70 % des galets des conglomérats. Ce sont à plus de 99 % des roches acides dont les 2/3 environ de roches plutoniques grenues (granites et aplites). Les laves (rhyodacites, rhyolites) sont également abondantes.

Quelques roches basiques ont été découvertes. Ce sont des dolérites et des spilites.

Sur le terrain et après étude en lame-mince, on est frappé par la grande diversité de faciès des roches acides. 250 galets ont été échantillonnés et l'étude pétrographique a porté sur 50 lames. La liste des faciès proposés n'est donc pas exhaustive.

A - ROCHES ACIDES GRENUES : GRANITES et APLITES *

1) les granites (au moins 60% des roches grenues)

a) granites porphyroïdes à biotite et oligoclase basique (lame type : LG 1)

Description macroscopique : A l'oeil nu, la roche est tachetée de plages blanches laiteuses (feldspaths altérés, parfois automorphes) et brunes (quartz). Elle comporte des mégacristaux d'orthose de plusieurs centimètres de long et de couleur bleutée. La structure est nettement porphyroïde. Les paillettes de biotites sont abondantes.

Description microscopique (fig. 89 a)

- le quartz se présente en grandes plages xénomorphes (= 40 %) ;
- le plagioclase est de l'oligoclase basique (An. 25) (= 35 %) ;
- l'orthose, très peu perthitique, en mégacristaux, est moins abondante que le plagioclase (= 20 %) ;
- la myrmékite peut se développer au contact des deux feldspaths ;
- la biotite brune, très fraîche, est abondante sous forme de grandes lamelles (10 %)

b) Monzogranites à biotite

- Lames LG 7, LG 10 - monzogranites à grains fins

Description macroscopique : la roche est gris-bleuté avec quelques taches brunes.

Description microscopique :

- quartz en grandes plages xénomorphes à extinction roulante ;
- orthose perthitique un peu plus abondante que l'oligoclase (An. 25) ;
- biotite assez peu abondante.

- Lame ZG 3, ZG 17 - monzogranites à gros grains

Description macroscopique : patine claire (ZG 3) ou sombre (ZG 17). Paillettes de biotite.

Description microscopique :

- quartz en grandes plages xénomorphes ;
- l'orthose perthitique (et le microcline dans LG 17) sont plus abondants que le plagioclase : oligoclase (An. 20) (parfois zoné et à coeur perthitique dans LG 17) ;
- biotite abondante, très fraîche dans ZG 3, un peu chloritisée dans LG 17 ;
- tendance microgrenue. Développement de micropegmatite graphique dans LG 17.

c) Monzogranites à deux micas

- Lames LG 8, 8b

Description macroscopique : la roche est grenue à patine tachetée de plages claires (feldspaths) et brunes (quartz et paillettes de biotite).

* la terminologie employée est celle de STRECKEISEN



Fig.89a : granite porphyroïde à biotite et oligoclase basique (lame LG1)
en galet dans les Grès d'Annot ouest-Argentera.

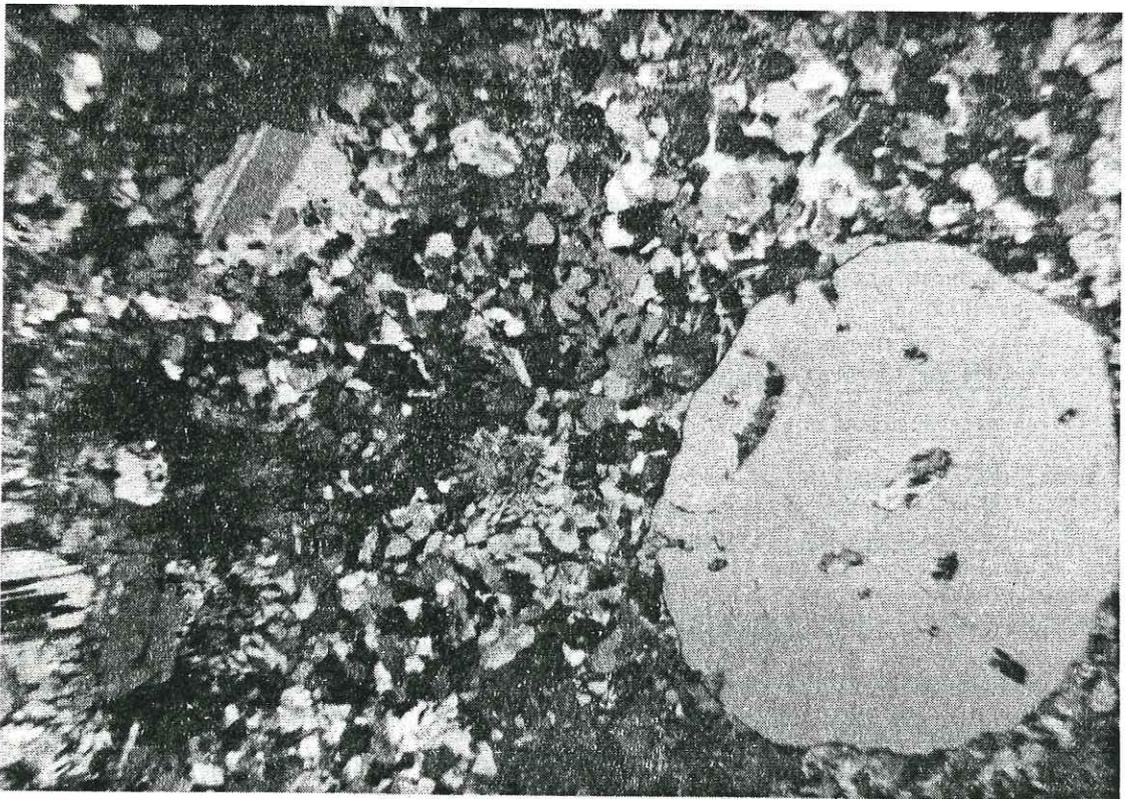


Fig.89b : Granophyre (lame Vo18). Galet dans les Grès d'Annot ouest-Argentera

Description microscopique :

- quartz xénomorphe à extinction roulante ;
- orthose perthitique un peu plus abondante que l'oligoclase (acide) ;
- biotite et muscovite en proportion relative variable.

c) Granites subalcalins

- Lames LG 12, LG 3

Description macroscopique : roche claire (à gros grains, LG 3) (à grain fin, LG 12) ;

Description microscopique :

- quartz xénomorphe à extinction ondulante ;
- orthose perthitique (et microcline dans LG 3) plus abondante que le plagioclase : (Albite basique, oligoclase : An. 10) ;
- biotite chloritisée.

d) Granites alcalins

- Lames LG 4, 8 a

Description macroscopique : roche claire à grain fin.

Description microscopique :

- quartz xénomorphe à extinction ondulante ;
- orthose perthitique abondante ;
- albite (An. 5) ;
- biotite (chloritisée dans LG 4)

2) Aplites (35 % des roches grenues ?)

a) Aplites monzonitiques

- Lame ZG 2

Description macroscopique : roche très claire en patine et en cassure.

Description microscopique :

- quartz xénomorphe en mosaïque ;
- orthose perthitique et oligoclase (An. 10-15) en proportions voisines ;
- biotite peu abondante ;
- structure micropegmatitique.

b) Aplites à grenat. (2 galets seulement)

- Lame LG 5, LG 16

Description macroscopique : roche claire (LG 5), sombre (LG16).

Description microscopique :

- quartz xénomorphe en mosaïque ;
- orthose enrobée d'une fine poussière d'hématite ;
- feldspaths calco-sodiques indéterminables, en proportion voisine de celle de l'orthose dans LG 5, beaucoup plus rares dans LG 16. - Quelques grenats

c) Aplites alcalines

- Lame LG 13, LG 14

Description macroscopique : roche claire.

Description microscopique :

- quartz xénomorphe à extinction roulante (LG 13), en mosaïque (LG 14) ;
- orthose perthitique ;
- albite acide ;
- biotite ;
- myrmékite abondante dans LG 14 (aplite granophyrique).

B - LES MICROGRANITES

1) Micromonzogranites à biotite- Lame Vo 19

Description macroscopique : roche claire, légèrement violacée en cassure, à phénocristaux de quartz et de feldspaths.

Description microscopique :

Phénocristaux :

- quartz xénomorphes en mosaïque ;
- orthose perthitique envahie d'une fine poussière d'opaque ;
- oligoclase (An. 25) ;
- biotite chloritisée en pennine.

Mésostase finement recristallisée.

2) Microgranites alcalins- Lames Vo 15, Vo 13

Description macroscopique : la roche est rosée en patine, les phénocristaux de quartz arrondis sont abondants. Dans Vo 13, on observe quelques grands cristaux de feldspaths laiteux. La chlorite est également visible à l'oeil nu.

Description microscopique :

Phénocristaux :

- quartz subautomorphe à lacune de cristallisation ;
- sanidine ;
- albite (An. 5) ;
- biotite généralement altérée en pennine.

Mésostase : quartz, sanidine, microcristaux de biotite chloritisée.

3) Granophyre- Lames LG 6, (Vo 18)

Description macroscopique : roche claire en cassure à phénocristaux de feldspaths, de quartz et à paillettes de biotite.

Description microscopique :

Phénocristaux :

- quartz subautomorphe ;
- sanidine automorphe
- plagioclase (An. 10) en proportion voisine
- biotite altérée en chlorite bleu berlin.

Mésostase : granophyrique à développement généralisé de micropegmatitique, particulièrement belle dans Vo 18 (fig.89b).

C - LES ROCHES VOLCANIQUES ACIDES = RHYODACITES, RHYOLITES

1) Rhyodacites - Rhyodacites à biotite- Lame LG 11, Vo 7, Vo 9

Description macroscopique : roche à patine et une cassure gris-noir, phénocristaux de quartz et de feldspaths.

Description microscopique :

Phénocristaux :

- quartz subautomorphe à lacunes de cristallisation

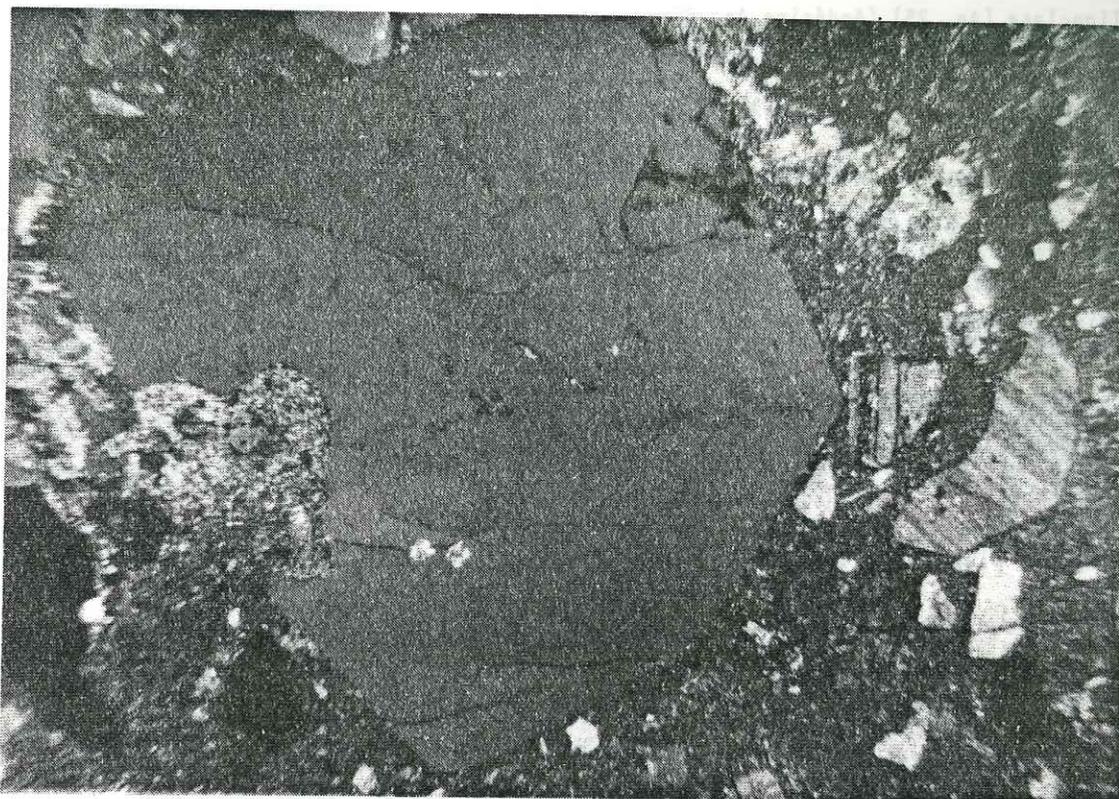


Fig.90a: rhyolite (lame Vo16) .Galet dans les Grès d'Annot ouest-Argentera.



Fig.90b: rhyolite à mésostase à sphérolites (lame ZVo1).
Galet dans les Grès d'Annot ouest-Argentera.

- oligoclase (An. 25) (Andésine An. 35 dans Vo 9) ;
- sanidine plus rare,
- biotite chloritisée.

Mésostase vitreuse, très finement felsitique.

2) Rhyolites

a) Monzorhyolites

- Lame G 5 b, Vo 16, Vo 1*

Description macroscopique : roche noire en patine et en cassure. Phénocristaux de quartz arrondis et de feldspaths.

Description microscopique : (fig. 90 a)

Phénocristaux :

- quartz de forme variée : automorphe à lacunes de cristallisation, subautomorphe ou xénomorphe.
- oligoclase (An. 15) abondant ;
- sanidine plus rare (absente à l'état de phénocristaux dans G 5 b) (perthitique dans Vo 1*) ;
- biotite chloritisée.

Mésostase felsitique.

b) Rhyolites à tendance alcaline

- Lames Vo 3, ZVo 1, Vo 11 a, Vo 4

Description macroscopique : roche beige-rosâtre en patine, noire en cassure (Vo 3 est blanche en patine) à phénocristaux de quartz et de feldspaths.

Description microscopique :

Phénocristaux :

- quartz subautomorphe à lacunes de cristallisation ;
- sanidine assez abondante ;
- probablement 2 feldspaths calcosodiques ?
- albite (An. 5-10 ?) ;
- oligoclase généralement altéré en cristaux de petite taille par rapport au feldspath alcalin ;
- biotite chloritisée peu abondante.

Mésostase felsitique (Vo 3, Vo 11 a), granophyrique à développement de micropegmatite (Vo 4), à sphérolites (ZVo 1), fig. 90 b.

c) Rhyolites alcalines

- Lames Vo 17, Vo 2

Description macroscopique : Vo 17 : la roche est noire en patine et en cassure à phénocristaux de quartz et de feldspaths ;

Vo 2 : la roche est grise avec des phénocristaux centimétriques de quartz arrondis et de feldspaths maclés Carlsbad.

Description microscopique :

Phénocristaux :

- quartz subautomorphe à lacunes de cristallisation ;
- albite (An. 5) abondante ;
- sanidine (fréquemment maclée Carlsbad), plus rare ;
- biotite chloritisée.

Mésostase felsitique.

D - LES ROCHES BASIQUES

Elles sont très rares (< 1 % des galets).

1) Dolérites rétro-morphosées

- Lames Vo 1, MB 2, Vo 12

Description macroscopique : Vo 1 : la roche est vert-sombre en cassure. Les feldspaths sont visibles à l'oeil nu et complètement altérés en surface (patine rouille).

Vo 12, MB 2 : roche à patine vert-pâle, finement grenue.

Description microscopique :

Structure doléritique ;

- plagioclases (labrador) séricitisés ;
- chlorite bleu berlin en LPA ;
- minéraux opaques.

2) Spilites ?

- Lames MB 1, Vo 8

Description macroscopique : roches très altérées à cassure verte.

Description microscopique : roches presque uniquement formées de plagioclases très altérés groupés en rosettes (un peu de quartz dans MB 1, quelques biotites dans Vo 8).

E - COMPARAISON AVEC LES ROCHES REGIONALES

1) Les roches plutoniques : granites, aplites, microgranites

Les roches grenues et microgrenues présentent de nombreux faciès pétrographiques : quelques granites porphyroïdes à biotite et oligoclase basique (type LG1), une majorité de monzo(micro)granites et des termes alcalins plus rares (fig. 91 a,c).

La comparaison des roches grenues régionales à l'aide du diagramme Q.A.P. est assez délicate dans la mesure où les modalités d'établissement des paramètres ne sont pas les mêmes pour toutes les roches considérées : analyse modale (qui devrait être utilisée préférentiellement) , norme C.I.P.W. , diffractogramme RX + détermination optique du feldspath calcosodique (fig. 91 a). Il semble cependant que les résultats obtenus par les différentes méthodes ne soient pas trop dispersés pour un même échantillon (fig. 91 b).

Les granites en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera sont en moyenne un peu plus alcalins que la majorité des autres granites régionaux qui sont essentiellement des monzogranites : granite central de l'Argentera, granites des Maures et du Tanneron, granites en galets dans les conglomérats de Saint-Antonin.

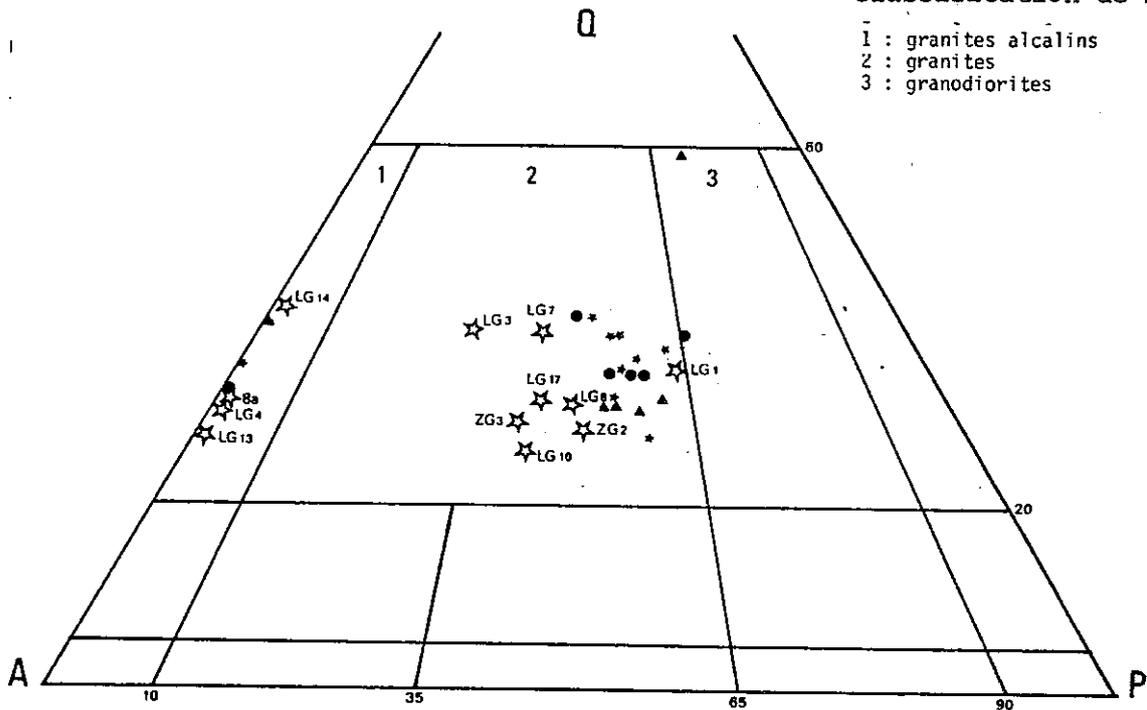
Le diagramme Q.A.P. reste toutefois peu discriminant et c'est la minéralogie qui apporte les informations les plus intéressantes.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
 MAISON DES SCIENCES
 DOCUMENTATION
 B.P. 53
 F. 38041 GRENOBLE CEDEX
 Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
 Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

18 AOUT 2003

Classification de Streckeisen

- 1 : granites alcalins
- 2 : granites
- 3 : granodiorites



A/ distribution dans un diagramme Q.A.P. des granites en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera (☆) (paramètres calculés d'après diffractogrammes R.X. cf. annexe 2 + détermination optique du feldspath calcosodique)

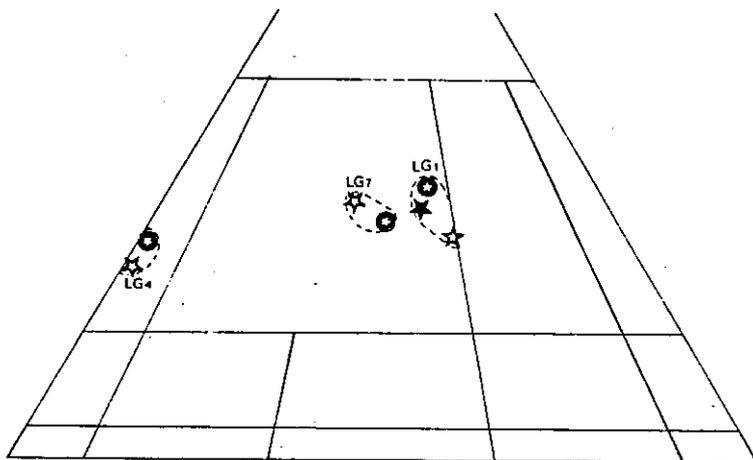
Comparaison avec les roches régionales : a/ granite central de l'Argentera (●)

b/ granites des Maures (▲)

c/ granites en galets dans les conglomérats de Saint-Antonin (*)

a et b : distribution d'après PUPIN (1976) - paramètres calculés par analyse modale

c : ----- TOURE (1981) - ----- norme C.I.P.W.



ECH.	LG1	LG4	LG7
SiO2	72.95	74.82	75.71
Al2O3	13.83	13.24	12.92
Fe2O3	3.40	1.36	0.99
MnO	0.04	0.07	0.03
MgO	0.76	0.46	0.38
CaO	2.05	0.32	0.63
Na2O	3.14	3.57	3.25
K2O	3.59	5.14	5.03
TiO2	0.34	0.13	0.07
P2O5	0.16	0.15	0.09
CO2	0.75	0.	0.
H2O+	0.	0.74	0.67
H2O-	0.	0.	0.
total	101.01	99.80	99.77

B/ comparaison pour 3 granites (LG1, LG4, LG7) des paramètres Q.A.P. obtenus à partir - des diffractogrammes RX + détermination optique du feldspath Ca.Na (☆) - des normes C.I.P.W. (●) - de l'analyse modale (★) pour LG1 uniquement.

C/ analyses chimiques de granites en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera (analyste F. KELLER institut Dolomieu)

FIG. 91 : LES GRANITES EN GALETS DANS LES GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA. Distribution dans un diagramme Q.A.P. analyses chimiques, comparaison avec les roches régionales.

Au point de vue minéralogique :

- Les granites étudiés comportent toujours deux feldspaths au moins qui sont généralement l'orthose et l'oligoclase (An. 10 à 30). La biotite est abondante à rare mais toujours présente. La muscovite n'existe que dans très peu de faciès.

- On peut donc éliminer comme zone d'apport de ce matériel :

+ Les granites des Maures et du Tanneron , à cordiérite et dont le plagioclase est plus basique;

+ les granites permo-triasiques hypersolvus de Corse à un seul feldspath alcalin perthitique;

+ les faciès de bordure du granite central du massif de l'Argentera qui sont les seuls à être actuellement bien décapés par l'érosion et qui devraient abonder dans les Grès d'Annot ouest-Argentera dans l'hypothèse d'une alimentation à partir de ce batholite (hypothèse FAURE-MURET , 1955). Ce sont des granites et des aplites à muscovite et à grenat or je n'ai récolté que deux roches de ce type dans les poudingues (LG 16 et LG 5).

- Certaines roches régionales présentent des affinités avec les roches plutoniques très diverses (mais aussi assez banales pétrographiquement) qui existent dans les poudingues de Sanguinière-Restefond.

+ Certains granites et microgranites des conglomérats de Saint-Antonin. Ce sont des monzo(micro)granites à oligoclase basique, biotite et sans muscovite primaire (affinité avec des galets type LG 1, LG 7, LG 10, ZG 3, Vo 19...). Il faut rappeler cependant l'abondance à Saint-Antonin de galets de granite et de microgranite de couleur rose (couleur non liée à l'altération, TOURE, 1981) et leur absence dans les poudingues de Sanguinière-Restefond.

+ Les granites du coeur du batholite central de l'Argentera : granites clairs de granulométrie variable , à oligoclase acide, pauvres en biotite (affinité avec ZG 3, LG 3, 8b...).

+ Certains granites corses.

- Enfin l'extrême rareté des éléments de granite dans les conglomérats permien de l'Argentera est un argument en défaveur de l'hypothèse de GUBLER (1959) selon laquelle les galets de roche endogènes des séries Grès d'Annot ouest-Argentera seraient issus du remaniement des formations du Bégo et de l'Inferno.

2) Les roches volcaniques acides

- Les laves acides présentent comme les granites de nombreux faciès pétrographiques: rhyodacites, monzorhyolites, rhyolites alcalines. Les termes alcalins sont proportionnellement plus nombreux que leurs équivalents grenus.

Au point de vue minéralogique ces laves en galets sont caractérisées par une proportion toujours importante de phénocristaux (> 25%).

Ce sont :

- le quartz;
- la sanidine;
- le feldspath calco-sodique: albite (An 5-10) ou oligoclase (généralement acide) selon les roches (oligoclase basique ou andésine dans les rhyodacites);
- la biotite (généralement choritisée).

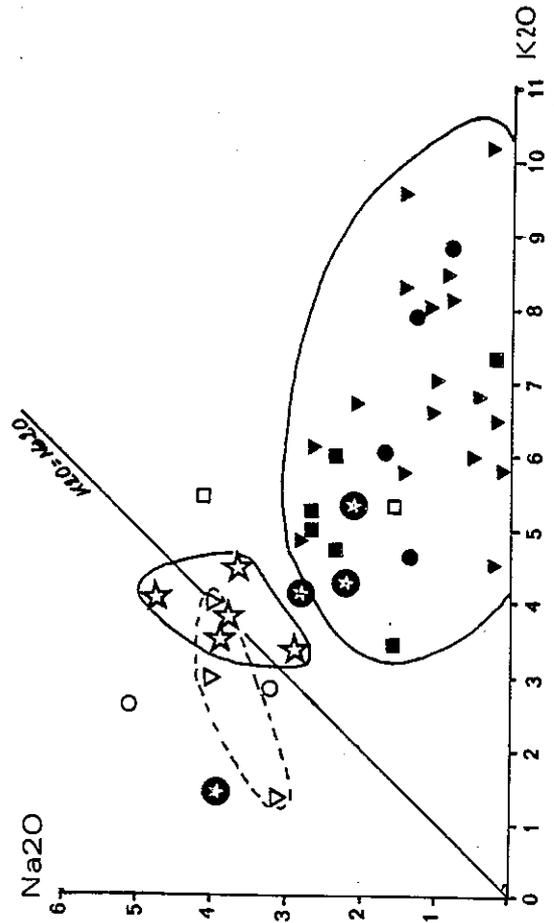
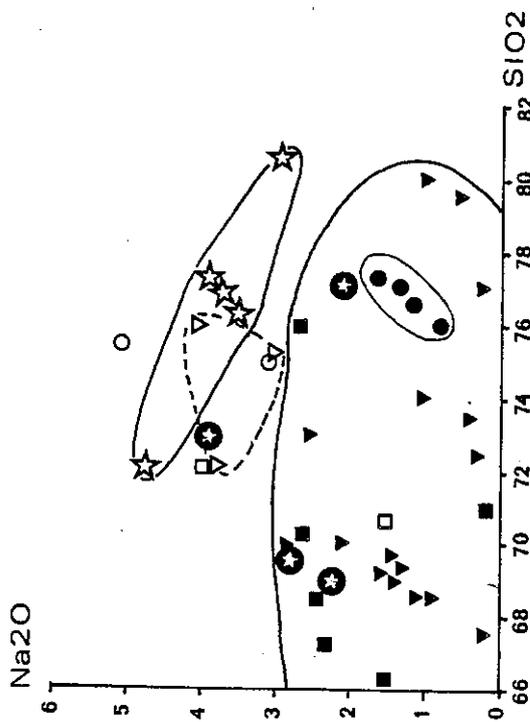
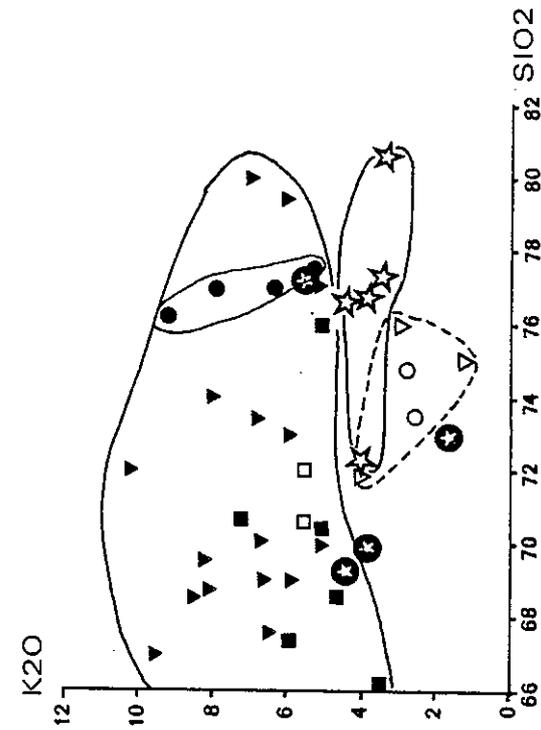


Fig. 92: Diagrammes géochimiques binaires

- des rhyolites en galets dans les poudingues de la série Grès d'Arnot ouest-Argentera (★)
- des rhyolites en galets à la base du Tertiaire de l'unité parautochtone du col de Tende (○)
- des rhyolites en galets dans le Tertiaire des unités subbriançonnaises du lac d'Allos et du Pelat (⊕)
- des rhyolites sodiques du revers italien de l'Argentera (□)
- des rhyodacites, base du complexe volcanique du Monte Besimunda (▽)
- des "bésimaudites" du Briançonnais ligure : rhyolites s.s. (■) et rhyolites alcalines du Marguareis et du Mte Vecchio (▼)
- des rhyolites permienne de l'Estrel (●)

(analyses chimiques utilisées cf. annexe 3)

5 analyses chimiques seulement ont été effectuées sur ces roches (tableau G)

ECH.	Vo17	Vo2	Vo11	Vo16	Vo1
SiO ₂	76.60	72.10	77.30	76.25	80.53
Al ₂ O ₃	12.35	14.10	12.15	12.75	11.87
Fe ₂ O ₃	1.50	2.12	1.92	1.72	1.37
MnO	0.03	0.05	0.04	0.02	0.02
MgO	0.17	0.37	0.16	0.22	0.14
CaO	0.74	0.91	0.25	0.15	0.14
Na ₂ O	3.76	4.77	3.88	3.58	2.87
K ₂ O	3.82	4.00	3.46	4.44	3.34
TiO ₂	0.07	0.17	0.09	0.13	0.06
P ₂ O ₅	tr	0.10	0.01	0.02	tr
H ₂ O+	0.85	0.95	0.50	0.69	
H ₂ O-	0.07	0.08	0.09	0.06	
P.F.					0.72
total	99.96	99.72	99.85	100.01	101.06

Tableau G : analyses chimiques de rhyolites en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera (analyses F. KELLER , Institut Dolomieu, Grenoble).

- Ces roches ne semblent pas avoir subi de lessivage important (alignement subhorizontal des points dans les diagrammes $K_2O = f(SiO_2)$ et $Na_2O = f(SiO_2)$). Le rapport K_2O/Na_2O est toujours proche de 1 (fig. 92).

- Le diagramme $SiO_2 - Al_2O_3 - FeO+MnO$ de SEYLER (1980) révèle leurs teneurs assez constantes et plutôt faibles en $FeO+MnO$ (fig. 93). L'utilisation de ce diagramme est ici strictement limitée à des comparaisons entre roches régionales (dont on trouvera les analyses chimiques dans l'annexe 3). Il a l'avantage de prendre en compte des éléments (Si , Al , Fe) peu affectés lors des processus post-magmatiques et probablement lors du métamorphisme au contraire des alcalins dont les teneurs sont soumises à des fluctuations lors de ces phénomènes (et qui sont pris en compte dans les diagrammes géochimiques classiques comme ceux de la figure 92).

- Les caractères minéralogiques permettent d'éliminer comme source d'apport les rhyolites de l'Estérel et du 2ème cycle corse dont les phénocristaux sont le quartz et le feldspath potassique. Au point de vue chimique ces rhyolites sont plus riches en K_2O (fig.92) et en FeO (fig.93) ce qui va de pair avec leur caractère alcalin.

- Dans l'Argentera on connaît des laves en galets dans les conglomérats permiens de l'Inferno (FAURE-MURET , 1955) et des rhyolites sodiques au revers italien du massif (MALARODA , 1960). Ces roches ainsi que les galets de rhyolite à la base du Tertiaire de l'unité du col de Tende, témoignent pour A. GUILLAUME (1967 , 1969) du même volcanisme de la fin du Stéphanien et du début du Permien que les rhyodacites qui forment la base du complexe volcanodétritique et volcanique du Monte Besimauda dans le Briançonnais ligure.

- Les laves de l'Inferno n'ont jamais été décrites en détail. Il s'agit de rhyolites mais aussi de dacites et d'andésites fréquemment rubéfiées et toujours altérées (ce qui n'est pas le cas des galets de Grès d'Annot étudiés). En outre la taille de ces galets , généralement aplatis , serait trop modeste pour avoir fourni des éléments globuleux atteignant 50 cm de long dans les Grès d'Annot.

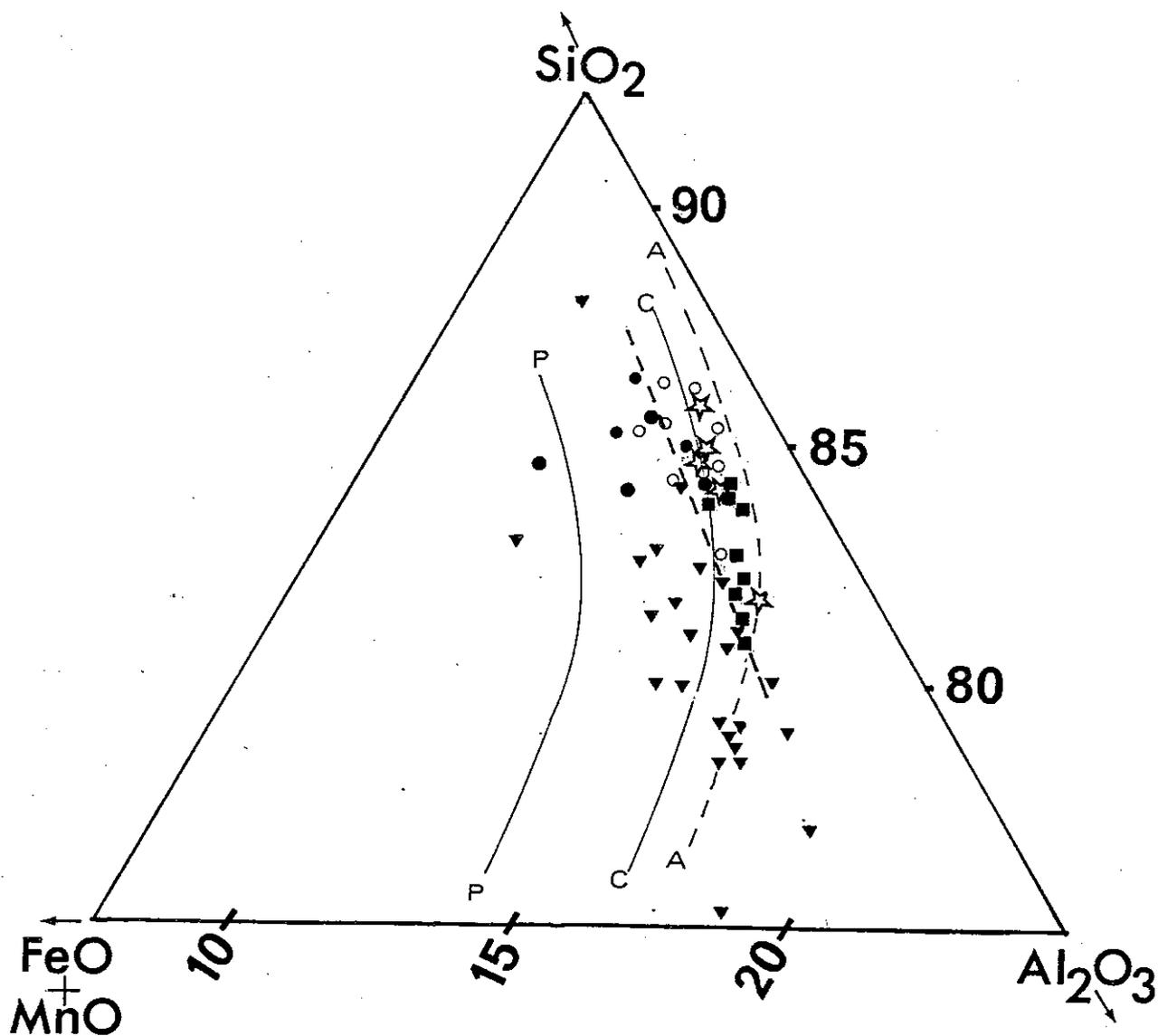


Fig.93 - distribution dans un diagramme $SiO_2-Al_2O_3-FeO+MnO$ (SEYLER, 1980) des roches volcaniques acides en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera. (★).

Comparaison avec les roches régionales :

- rhyolites de l'Estérel (●)
- rhyolites du 2ème cycle corse (●)
- rhyolites du 1er cycle corse (■)
- rhyolites en galets à Saint-Antonin (○)
- Bésimaudites (▼)

- - - : limite arbitraire entre les roches régionales plus riches en FeO (rhyolites des séries alcalines permianes de l'Estérel et du 2ème cycle corse; Bésimaudites) / plus pauvres en FeO (rhyolites des séries calco-alcalines hercyniennes du 1er cycle corse; galets de laves dans les Grès d'Annot).

Limite des champs des - pantellérites (P P) - comendites (C C)
- rhyolites alcalines (A A)

- Les autres témoins de ce volcanisme fini-stéphaniens: rhyolites sodiques de l'Argentera, galets de lave du col de Tende, rhyodacites ligures ont été écrasées à l'Alpin. Leur chimisme est actuellement comparable à celui des rhyolites en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera (fig. 92) mais il a pu considérablement évoluer.

- On observe encore la structure volcanique des rhyolites sodiques de l'Argentera et des rhyodacites de la base du Besimauda. Les premières comportent très peu de phénocristaux de biotite et de feldspath potassique, les secondes sont très pauvres en phénocristaux (dont plus de feldspaths que de quartz). Elles se différencient en cela des rhyolites en galets dans les Grès d'Annot.

- Les laves en galets dans l'unité du col de Tende n'ont pas fait l'objet d'études pétrographiques détaillées. Les descriptions disponibles (CAMPREDON, 1972) sont trop sommaires pour permettre des comparaisons.

- La grosse masse des Bésimaudites permienes de Ligurie a été étudiée par A. GUILLAUME (1967, 1969) qui en fait d'anciennes ignimbrites. Leur chimisme actuel est très différent de celui des laves en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera. Les Bésimaudites sont en effet très potassiques et peu sodiques (fig. 92). Là encore le métamorphisme alpin a pu modifier la composition initiale de la roche. Cependant dans le diagramme de SEYLER (fig. 93), elles se distinguent assez bien des rhyolites en galets dans les Grès d'Annot par une plus forte teneur en FeO+MnO. Des différences apparaissent également au point de vue minéralogique avec une nette prédominance des phénocristaux de feldspath potassique dans les laves du Vecchio et une extrême rareté des plagioclases dans les laves du Marguareis.

- Les galets de lave acide dans le Tertiaire des unités subbriançonnaises du Lac d'Allos et du Pelat sont en cours d'étude (C. BLANC, thèse Grenoble). Il s'agit de rhyolites calco-alkalines probablement ignimbritiques ce qui pourrait expliquer l'extrême variation des teneurs en SiO₂ et en alcalins d'un échantillon à l'autre (cf. analyses chimiques en annexe 3 et fig. 92). En outre les teneurs en CaO et MgO sont très supérieures à celles des rhyolites en galets dans les Grès d'Annot.

- Les seules laves régionales avec lesquelles les rhyolites en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera pourraient présenter quelques affinités sont :

+ certaines rhyolites hercyniennes corses (1er cycle) à oligoclase et biotite (TESSIER, 1979). Leurs teneurs en fer sont également faibles et relativement constantes (fig. 93).

+ certains galets de lave des conglomérats de Saint-Antonin, (TOURE, 1981) comparables par leur faciès et leur chimisme. Bien qu'il s'agisse d'un argument discutable, il est quand même important de signaler l'abondance de galets de lave rose ou rouge à Saint-Antonin, que l'on retrouve en proportion plus faible dans les lentilles à galets des Grès d'Annot s.s. (route de la Beauge, observations personnelles) mais qui n'existent pas dans les poudingues de Sangvinière-Restefond (galets de lave grise ou noire en cassure).

III - CONCLUSION A L'ETUDE PETROGRAPHIQUE DES ROCHES ENDOGENES EN GALETS DANS LES GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

- L'analyse pétrographique des galets de roches endogènes des poudingues de Sanguinière-Restefond a permis de dresser une liste non exhaustive de très nombreux faciès de gneiss, de granites, de microgranites et de rhyolites.

- La comparaison de ce matériel avec les roches régionales permet d'éliminer un certain nombre de formations comme source des apports (fig. 94).

- Certaines roches présentent des affinités pétrographiques avec les galets de roches endogènes dans les séries Grès d'Annot étudiées. Mais ces ressemblances entre des faciès par ailleurs assez communs n'est pas très significative et sera remise en question par l'étude typologique des zircons dans ces roches.

LEGENDE DE LA FIGURE 94



formations n'ayant pas fourni de galets de roches endogènes dans les poudingues de la série Grès d'Annot ouest-Argentera

B : complexe volcanique et volcano-détritique du Besimauda (Permien, Briançonnais ligure)

A se : partie S.E. du massif de l'Argentera-Mercantour

P T : couverture permo-triasique du massif de l'Argentera

C 2 : rhyolites et certains granites permo-triasiques du second cycle corse

M. E. T. : massifs cristallins provençaux (micaschistes, granites et rhyolites des Maures-Estérel-Tanneron)

↪ source possible du matériel endogène en galet

A nw : partie N.W. du massif de l'Argentera

- gneiss et migmatites

- granite central (faciès du coeur du batholite)

C 1 : granites et rhyolites hercyniens du premier cycle corse.



formations conglomératiques nummulitiques régionales

A P : unités subbriançonnaises d'Allos-Pelat

C T : unité parautochtone du col de Tende

(matériel issu du domaine des "cordillères")

S A : conglomérats de Saint-Antonin (matériel issu du massif corso-sarde et du "socle de Saint-Antonin")

↔ affinité du matériel endogène en galets

? pas d'étude pétro. détaillée.

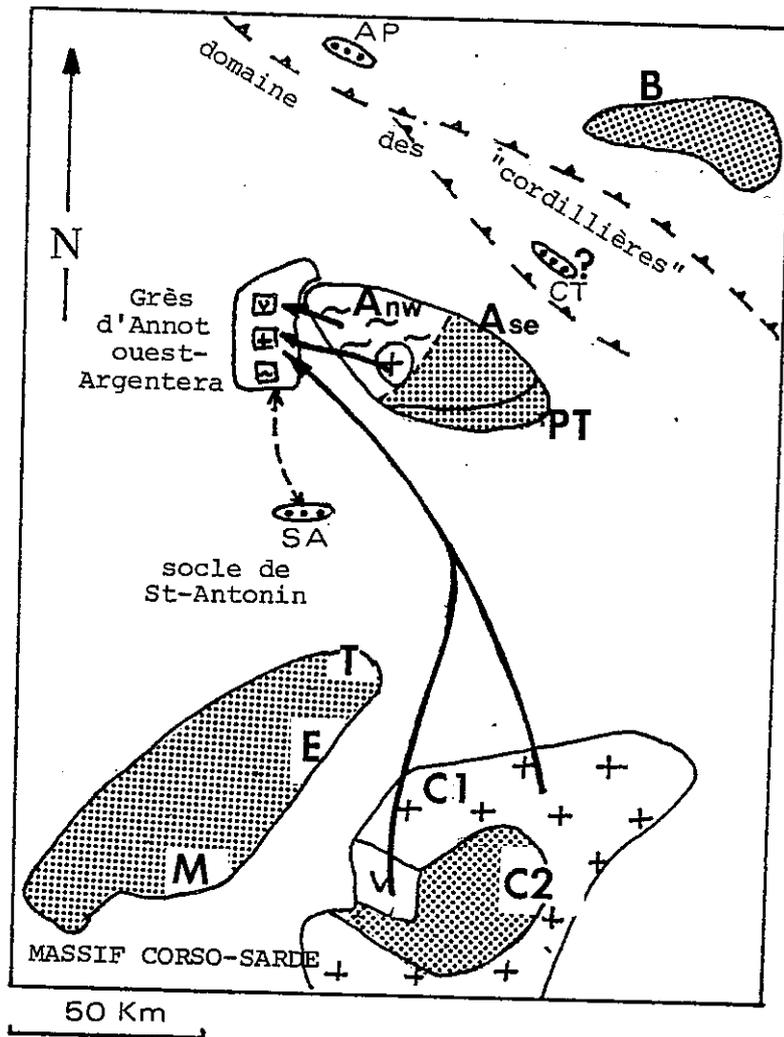


Fig. 94 : comparaison pétrographique des roches endogènes en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera (gneiss, granites, rhyolites) avec les roches régionales. Recherche des zones d'apports.

~ gneiss + granite V rhyolite

N.B. : les affleurements des zones interne et parautochtone sont en position paléospastique très approximative (inspiré de KERCKHOVE ; 1981)

La Corse est en position "ante-dérive" approximative.

DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE 5

TYPOLOGIE DES ZIRCONS APPLIQUEE AUX ROCHES MAGMATIQUES
DES POUDINGUES ET AU MATERIEL GRESEUX
DE LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

I - INTRODUCTION

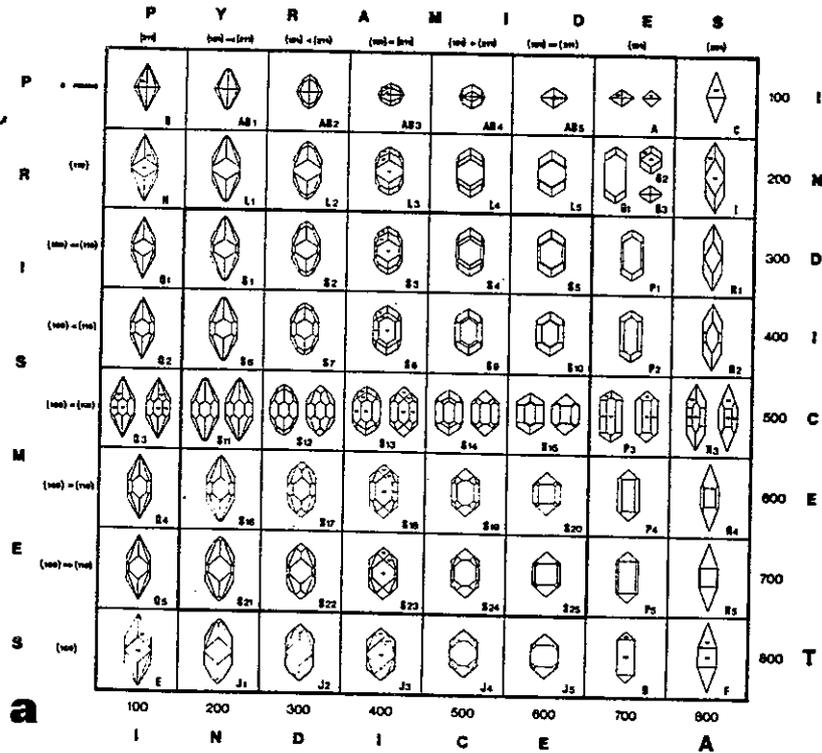
II - ÉTUDE DES POPULATIONS DE ZIRCONS DANS LES ROCHES
MAGMATIQUES ACIDES DES POUDINGUES

III - ÉTUDE DES POPULATIONS DE ZIRCONS DANS LES GRÈS

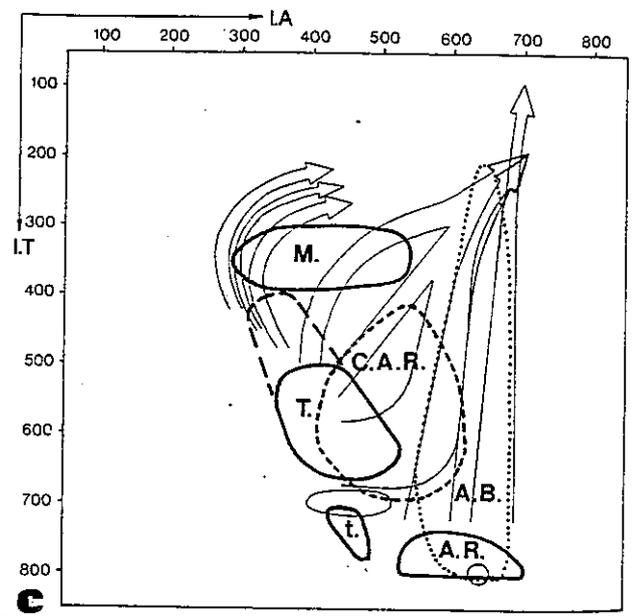
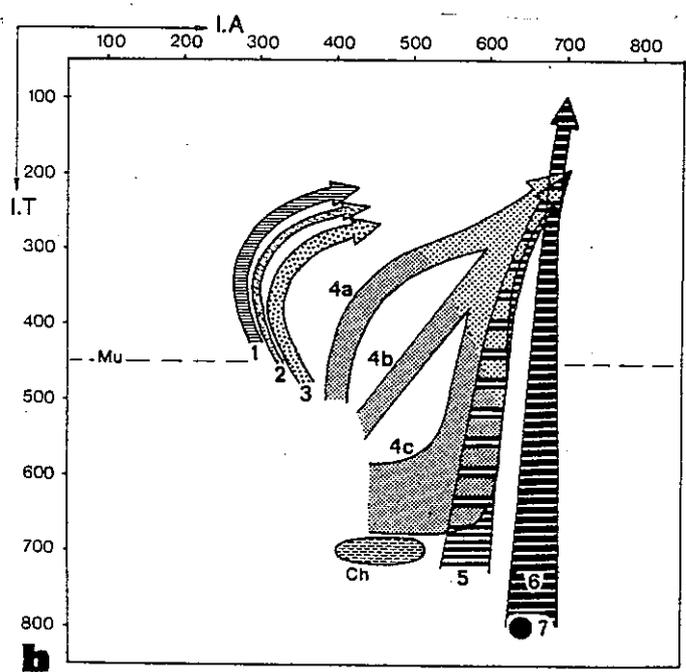
IV - ÉTUDE DES POPULATIONS DE ZIRCONS DANS LA MATRICE
DES POUDINGUES

V - COMPARAISON AVEC LES ROCHES RÉGIONALES

VI - CONCLUSION



Types et sous-types fondamentaux de la classification des zircons.



Distribution of some non granitic groups of endogenous rocks: (A.B.) alkaline basalts with gem-quality zircons; (A.R.) alkaline series rhyolites from anorogenic complexes; (C.A.R.) calc-alkaline series rhyolites (orogenic); (M) migmatites; (t) trachyandesites; (T) tonalites

Distribution of mean points and mean T.E.T. of zircon populations from: Granites of crustal or mainly crustal origin: (1) aluminous leucogranites; (2) (sub)autochthonous monzogranites and granodiorites; (3) intrusive aluminous monzogranites and granodiorites. - Granites of crustal+mantle origin, hybrid granites: (4a, b, c) calc-alkaline series granites (dark dotted area = granodiorites + monzogranites; clear dotted area = monzogranites + alkaline granites); (5) sub-alkaline series granites. - Granites of mantle or mainly mantle origin: (6) alkaline series granites; (7) tholeiitic series granites. - Mu, limit of the muscovite granites (I.T < 450); Ch, magmatic charnockites area.

Fig.95:classification des zircons et distribution des principaux groupes de roches endogènes (migmatites et roches magmatiques acides) dans le diagramme I.A, I.T.

I - INTRODUCTION

La méthode typologique du zircon accessoire mise au point par J.P. PUPIN depuis 1972 est basée sur le développement relatif des faces prismatiques (indice A) et pyramidales (indice T) des cristaux (système quadratique). Ainsi est définie une classification typologique des principaux types et sous-types de zircons (fig. 95 a) (PUPIN, 1976).

Les caractères typologiques dépendent notamment de la température, de la chimie et de la teneur en eau du magma. Les zircons recristallisent dans les termes migmatitiques ou anatexitiques qui présentent des populations assez regroupées sur les diagrammes IA, IT (fig. 95 b, c).

Les autres caractères des cristaux doivent également être pris en compte pour définir une population : qualité des formes cristallines, couleur, zonage, corrosion, inclusion, etc...

Les applications de la méthode sont nombreuses:

Dans les roches magmatiques acides, la typologie des zircons apporte de nombreuses informations quant à la pétrogenèse et les relations génétiques des termes considérés. Elle permet en particulier de différencier les granites et rhyolites d'anatexie, les séries calco-alcalines et alcalines (fig. 95 b, c). On voit donc tout l'intérêt d'appliquer la méthode aux granites, microgranites et rhyolites, des niveaux de poudingues qui comportent plus de 60 % de galets de roches magmatiques acides, pour lesquelles je ne disposais que de très peu d'analyses chimiques.

Dans les roches sédimentaires (grès, ...) "le zircon, minéral résistant, survivant bien aux processus sédimentaires, apparaît comme un véritable traceur sédimentologique... Une population de zircons renferme en effet une source d'information très importante sur l'origine des particules détritiques héritées qui lui sont associées". Dans le cas d'une origine polygénique, on peut en particulier distinguer des "sous-populations" dont les caractères morphologiques et les proportions relatives permettent de reconstituer la nature du continent d'apport, souvent de façon plus fine que les seules études pétrographiques classiques. Ce cas concerne la pétrographie des Grès d'Annot étudiés ici. "Les limites de la méthode se situent dans l'existence de roches endogènes sans zircons, l'usure parfois prononcée des cristaux, la faible résistance relative des cristaux métamictes..."

De plus, "une bonne connaissance des populations de zircons des roches-mères régionales facilite grandement la discussion des résultats" (PUPIN et TURCO, 1981). Les travaux de PUPIN (1976), TESSIER (1979), TOURE (1981), TOURE et al. (1981), ROMAIN (1976), ayant largement porté sur l'Argentera, les massifs cristallins provençaux, la Corse et les roches magmatiques des conglomérats de Saint-Antonin, les conditions étaient favorables à une étude typologique des zircons dans les Grès d'Annot et les poudingues de Sanguinière-Restefond.

II - ÉTUDE DES POPULATIONS DE ZIRCONS DANS LES ROCHES MAGMATIQUES ACIDES DES POUDINGUES

A - GRANITES ET APLITES (fig. 96 et fig. 101)

Les populations des 6 galets de granite étudiés sont très comparables. Elles traduisent nettement l'appartenance de ces roches à la lignée calco-alkaline (tendances d'évolutions typologiques, fig. 96). Les points moyens situés assez haut dans le diagramme IA, IT, avec des IT variant entre 300 et 400, indiquent qu'il s'agit de termes de fin de lignée (fig. 101). Ceci s'accorde avec un nombre de zircons assez réduit dans certains des granites étudiés (LG10, ZG3, LG12).

Les types S dominant (S₅ et S₁₀ en particulier), les types U sont très nettement subordonnés. Les types P (surtout P₁) et même G (G₁) sont bien représentés.

Les zircons bruns, zonés, sont très fréquents. Ce sont généralement des types G₁, P₁, S₅. Ils sont aussi souvent métamictes et difficilement déterminables.

Dans la population LG1, on a observé quelques zircons violacés.

Les inclusions sont moyennement abondantes. Quelques cristaux sont groupés en éventail.

Deux aplites ont été étudiées. Elles sont très pauvres en zircons. L'échantillon ZG2 montre cependant une population calco-alkaline évoluée. La pauvreté en zircons semble assez caractéristique des aplites, celles de l'Argentera, par exemple, n'en comportent pratiquement pas (PUPIN, 1976).

B - MICROGRANITES (fig. 97 et 101)

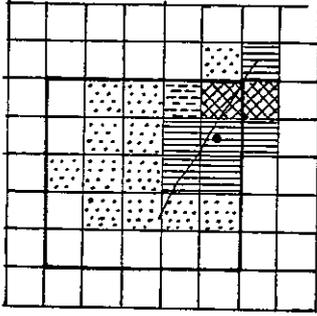
J'ai étudié trois populations de zircons dans des microgranites. Elles sont également caractéristiques des lignées calco-alkalines, mais sont plus étalées que celles des granites, avec notamment des types S₂₂ à S₂₅ et même quelques types J dans l'échantillon Vo19.

Les points moyens sont donc situés plus bas que ceux des granites dans le diagramme I.A, I.T (fig. 101). L'indice T varie entre 400 et 500. Les microgranites sont donc moins évolués typologiquement, corrélativement les zircons sont plus abondants.

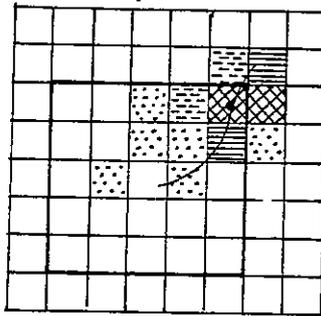
Les cristaux limpides sont mieux représentés, bien que les zircons bruns zonés et souvent métamictes soient encore abondants.

Compte-tenu des points moyens et des tendances d'évolutions typologiques des granites et des microgranites (fig. 96, 97, 101), ces deux types de roches pourraient procéder de la différenciation d'une même lignée magmatique.

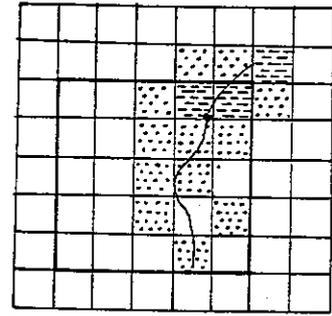
GRANITES



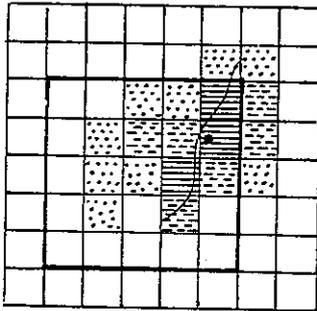
réf.:LG1
granite porphyroïde
à biotite
Nb zircons étudiés:100
Nb Z. déterminés:90
IA:584 IT:378



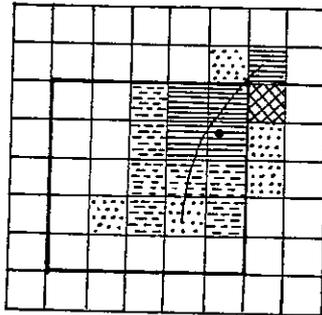
réf.:LG4
granite alcalin
Nb Z. étudiés:109
Nb Z. déterminés:74
IA:604 IT:299



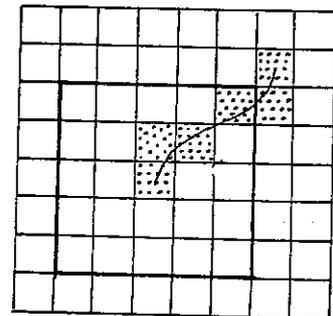
réf.:LG10
Monzogranite à
biotite
Nb Z. étudiés:41
Nb Z. déterminés:26
IA:543 IT:351



réf.:ZG3
Monzogranite à 2
micas
Nb Z. étudiés:65
Nb Z. déterminés:56
IA:564 IT:400

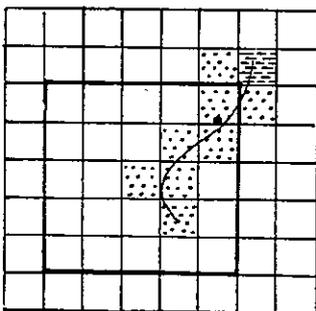


réf.:LG3
Monzogranite à albite
et oligoclase
Nb Z. étudiés:160
Nb Z. déterminés:100
IA:565 IT:370

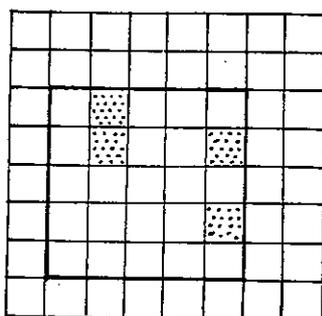


réf.:LG12
Granite subalcalin
à grain fin
Nb. Z. étudiés:20
Nb. Z. déterminés:7
IA, IT non calculés

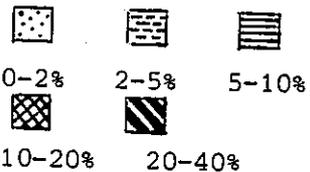
APLITES



réf.:ZG2
Aplite
Nb Z. étudiés:15
Nb Z. déterminés:12
IA:592 IT:342



réf.:LG16
Aplite à grenats
Nb Z. étudiés:7
Nb Z. déterminés:4
IA, IT non calculés



• point moyen et T.E.T.
(tendance d'évolution typologique)

Fig.96:distribution typologique des populations de zircons des granites et aplites en galets dans les poudingues de la série Grès d'Annot ouest-Argentera (les populations sont détaillées dans l'annexe 4).

C -RHYOLITES ET RHYODACITES (fig.98 et 101)

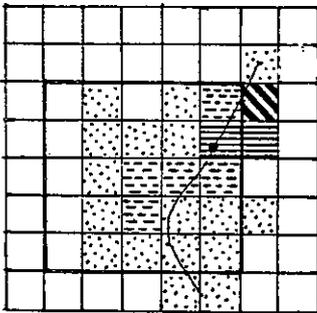
Sept rhyolites et une rhyodacite ont été étudiées. Leurs populations de zircons sont toujours "calco-alkalines", mais présentent un regroupement assez mauvais des points moyens, au contraire des granites et des microgranites (fig.101).

L'échantillon ZVo1, par exemple, est très évolué, avec presque uniquement des types G_1 (bruns, zonés). Ce type de population était jusqu'ici inconnu dans les rhyolites calco-alkalines (dont le champs est représenté figure 101).

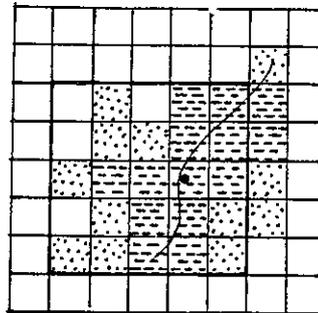
Les populations Vo1 et Vo4 sont très pauvres en zircons, ce qui signifie probablement que ces laves sont encore des fins de lignée calco-alkaline.

Les autres rhyolites étudiées ont des points moyens, un peu plus bas, corrélativement les zircons sont plus abondants. Cependant, la proportion assez forte de zircons métamictes indéterminés, probablement de type G_1 , P_1 , S_5 (dans Vo11, LG11, Vo17 par exemple), fait que ces laves sont sans doute plus évoluées que ne le traduisent leurs populations de cristaux déterminés. Il n'est donc pas possible de mettre en relation la majorité des rhyolites étudiées avec les granites et les microgranites (positions des points moyens, tendances d'évolutions typologiques). Les laves procèdent donc d'émissions magmatiques calco-alkalines différentes de celles qui sont à l'origine des roches grenues et microgrenues.

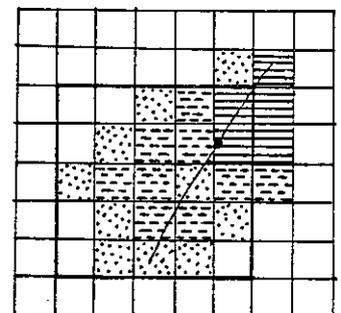
MICROGRANITES



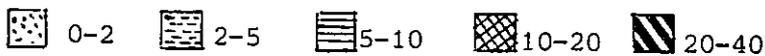
réf.:Vo19
Micromonzogranite à biotite.
Nb zircons étudiés:97
Nb Z. déterminés:73
IA:579 IT:438



réf.:Vo15
Microgranite à albite et sanidine.
Nb Z.étudiés:99
Nb Z.déterminés:74
IA:505 IT:490



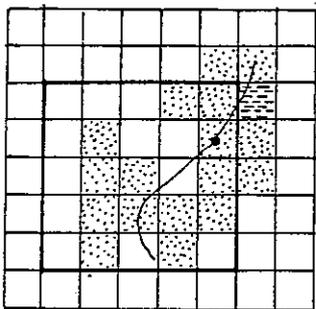
réf.:LG6
Microgranite granophyre alcalin.
Nb Z. étudiés:130
Nb Z.déterminés:100
IA:558 IT:392



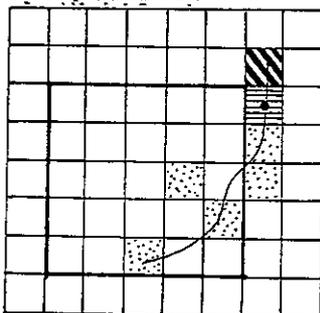
point moyen et T.E.T.

Fig. 97 : Distribution typologique des populations de zircons des MICROGRANITES en galets dans les poudingues de la série Grès d'Annot étudiée. (populations détaillées cf annexe 4).

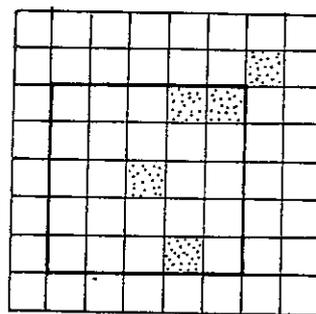
RHYOLITES (ET RHYODACITE)



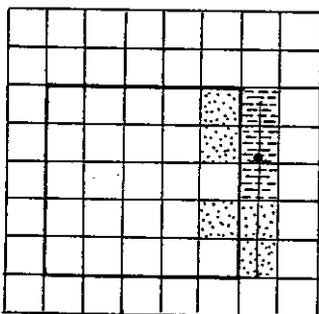
réf.:LG11
Rhyodacite à biotite
Nb. Z. étudiés:55
Nb. Z. déterminés:35
 \bar{IA} :583 \bar{IT} :414



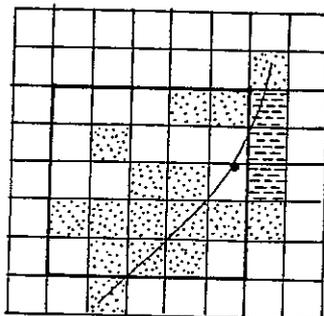
réf.:ZVo1
Rhyolite monzonitique
Nb Z. étudiés:55
Nb Z. déterminés:48
 \bar{IA} :682 \bar{IT} :269



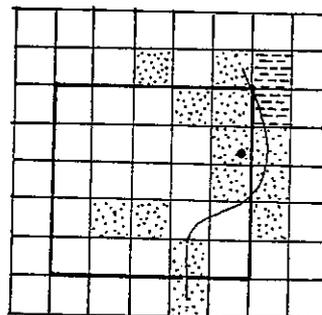
réf.:Vo1
Monzorhyolite
Nb. Z. étudiés:6
Nb Z. déterminés:5
 \bar{IA}, \bar{IT} non calculés



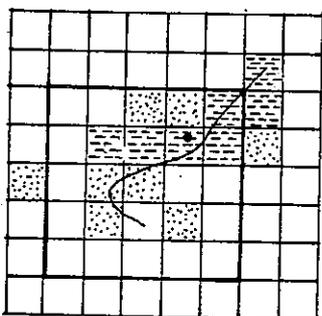
réf.:Vo16
Monzorhyolite à albite
Nb Z. étudiés:54
Nb Z. déterminés:24
 \bar{IA} :690 \bar{IT} :446



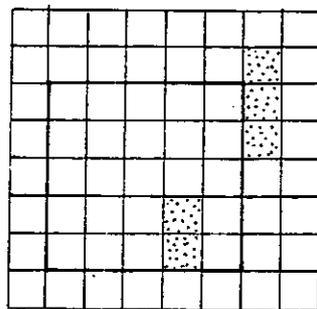
réf.:Vo11
Rhyolite alcaline
Nb Z. étudiés:114
Nb Z. déterminés:47
 \bar{IA} :583 \bar{IT} :453



réf.:Vo17
Rhyolite alcaline
Nb Z. étudiés:61
Nb Z. déterminés:23
 \bar{IA} :635 \bar{IT} :426



réf.:Vo2
Rhyolite alcaline
Nb Z. étudiés:46
Nb Z. déterminés:36
 \bar{IA} :510 \bar{IT} :355



réf.:Vo4
Rhyolite alcaline
Nb Z. étudiés:9
Nb Z. déterminés:5
 \bar{IA}, \bar{IT} non calculés

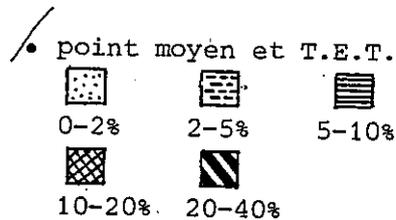


Fig. 98 : Distribution typologique des populations de zircons des RHYOLITES en galets dans les poudingues de la série Grès d'Annot ouest-Argentera. (les populations sont détaillées dans l'annexe 4)

III - ÉTUDE DES POPULATIONS DE ZIRCONS DANS LES GRÈS

Cinq échantillons de grès de même granulométrie, prélevés sur toute la hauteur de la série, ont été analysés. Les populations et sous-populations des échantillons 9, AV7 et ZTR3 ont été effectuées par J.P. PUPIN (fig. 99).

La distribution typologique des zircons dans le diagramme IA, IT varie peu d'un échantillon à l'autre. Les points moyens des populations sont regroupés sur une aire assez réduite avec des \overline{IA} entre 385 et 460 et des \overline{IT} entre 430 et 480 (fig. 102).

Les populations sont bien étalées. Les types S dominant largement, les types P sont régulièrement représentés, mais beaucoup plus rares, de même pour les U (les populations sont détaillées en annexe).

On note une bimodalité nette dans la distribution (fig. 99) avec un premier noyau autour du type S19 et un deuxième autour du type S7, traduisant des apports depuis une source :

- a) éruptive calco-alcaline,
- b) migmatitique.

Les sous-populations confirment ces observations avec (fig. 102) :

\overline{IA} entre 286 et 360	pour la <u>population migmatitique</u>
\overline{IT} entre 390 et 419	
et	
\overline{IA} entre 504 et 575	pour la <u>population calco-alcaline</u>
\overline{IT} entre 498 et 530	

qui est donc beaucoup "moins évoluée" que celle des roches magmatiques en galets dans les poudingues.

Les proportions relatives des deux populations semblent varier verticalement dans la série : 2/3 des zircons migmatitiques pour 1/3 de calco-alcalin vers la base de la série, rapport inverse vers le sommet. Cependant, l'échantillonnage n'est pas assez serré pour pouvoir affirmer que ces variations sont linéaires (ces proportions sont estimées à partir du nombre total de zircons étudiés et non pas déterminés).

Le pourcentage d'indéterminés peut atteindre 1/3 (zircons migmatitiques et de type indéterminé essentiellement).

Autres caractères des zircons

- Les cristaux sont bien conservés. Les zircons calco-alcalins sont automorphes, les zircons métamorphiques, subautomorphes à arrondis, mais ils ont déjà cette particularité dans les roches-mères (PUPIN, 1976).
- Les zircons cupulés (transport éolien) sont rarissimes : deux sur l'ensemble des populations effectuées (environ 700 cristaux).
- Les inclusions sont de formes diverses. On a noté quelques baguettes de sillimanites, des inclusions rares en général trapues dans les zircons des migmatites. Les formes sont plus variées (inclusions allongées, canalicules..) dans les zircons calco-alcalins.
- Surcroissances (et groupements cristallins) sont rares.
- Les cristaux sont généralement incolores, sauf quelques zircons bruns et souvent zonés (types P₁ S₅ P₂ ...), parfois franchement métamictes et très altérés. Quelques cristaux rose-violacés ont été observés dans la lame n° 9.

GRES

191

Population totale

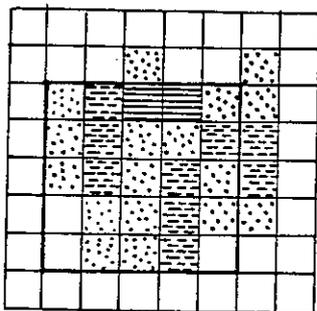
Ss-pop.calco-alcaline

Ss-population migmatitique

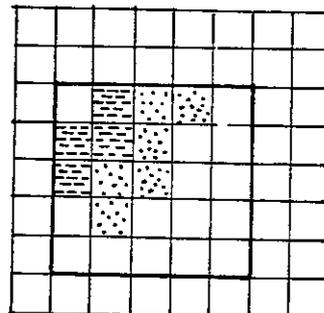
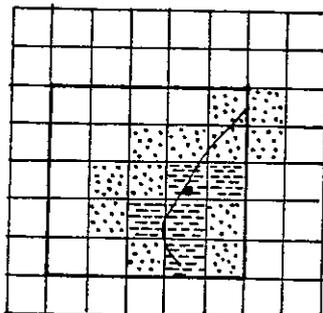
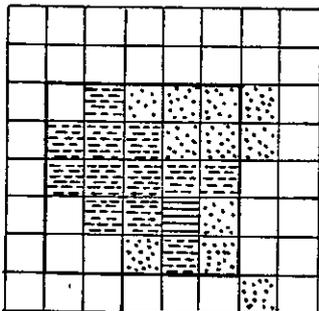
Réf.

SOMMET

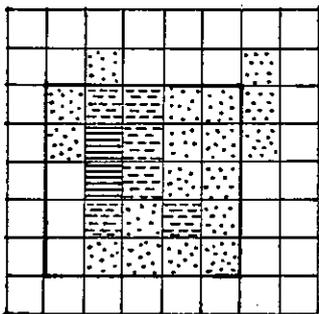
2



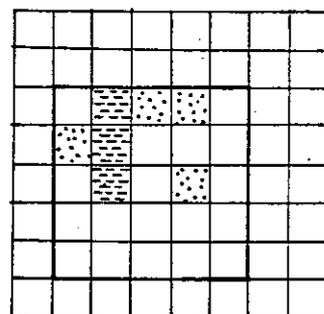
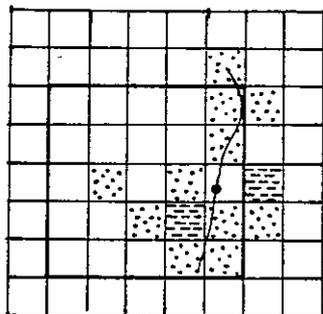
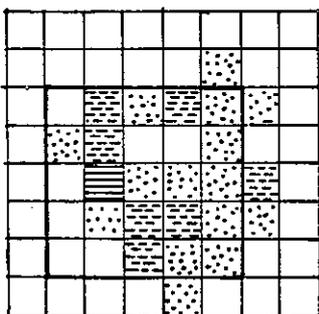
9



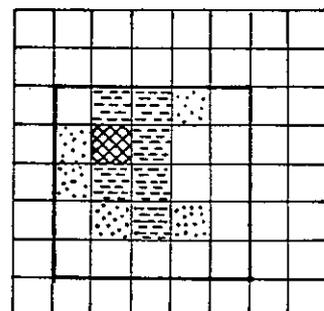
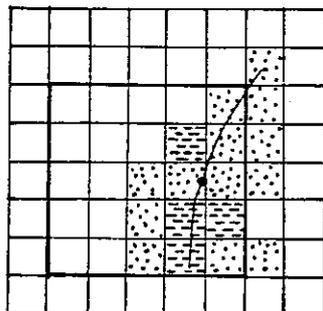
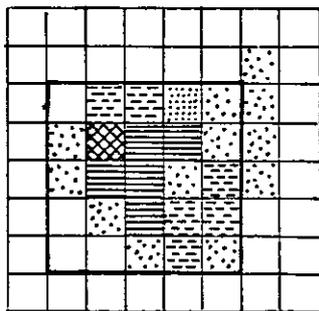
7



AU7



ZTR3



BASE

SERIE GRES D'ANNOT

Fig. 99 : Distribution typologique des populations de zircons des Grès d'Annot étudiés et détail des sous-populations pour quelques échantillons. Les points moyens et T.E.T. des sous-populations calco-alcalines sont figurés (détail des populations cf annexe 4).

0-2%

2-5%

5-10%

10-20%

- D'une façon générale, les zircons à caractère volcanique franc sont peu fréquents (gradins et lacunes de croissance, inclusions vitreuses et canaliculaires, groupements cristallins, ...).

Minéraux lourds associés

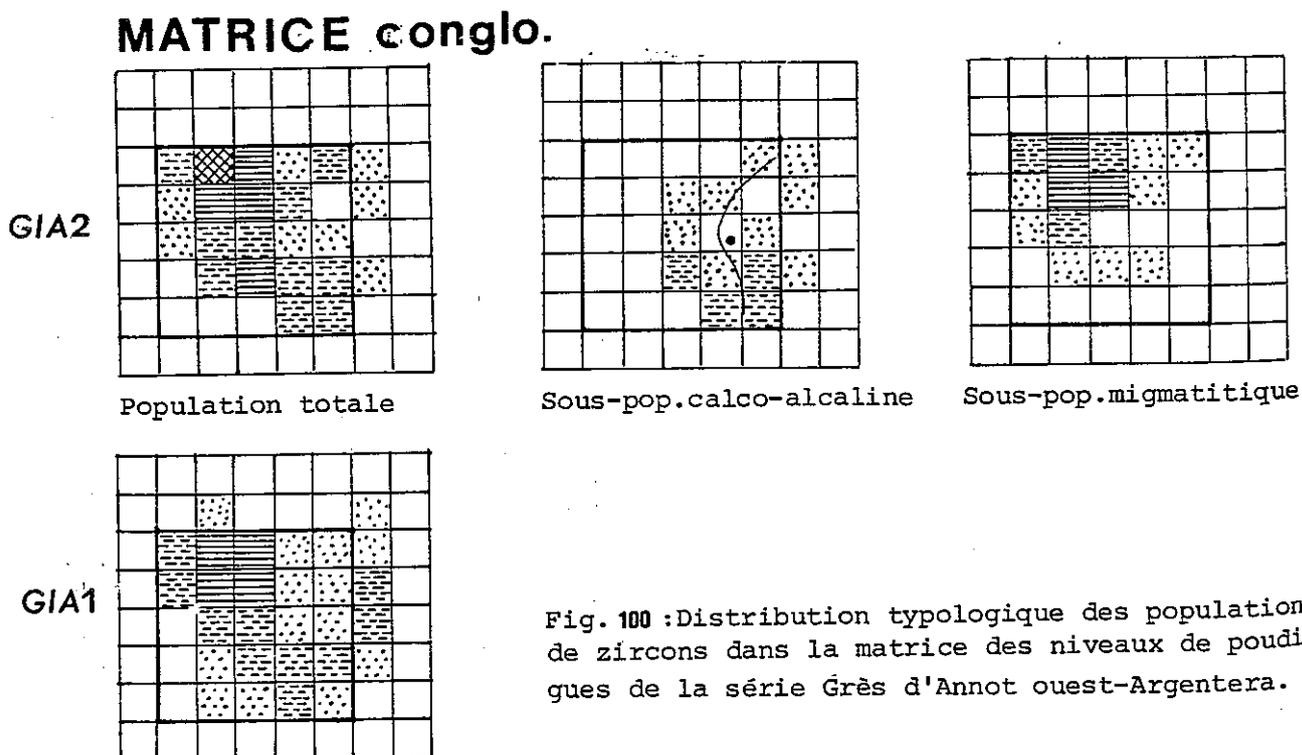
La présence de RUTILE, minéral caractéristique de la mésozone profonde et de la catazone, confirme une alimentation par un socle métamorphique "évolué" (gneiss et non micaschistes).

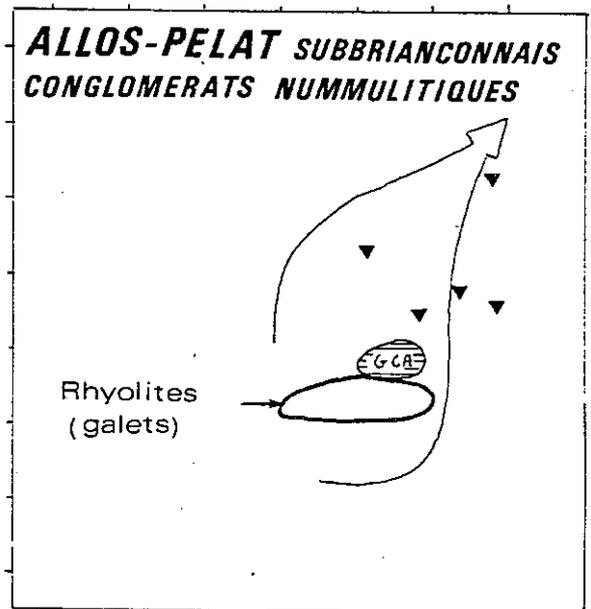
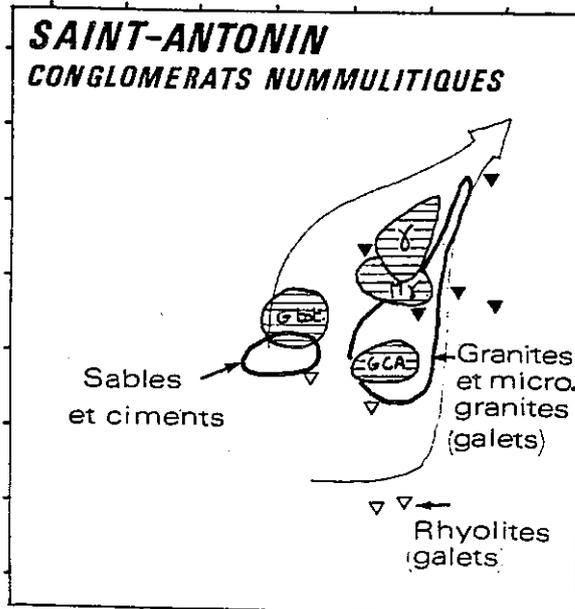
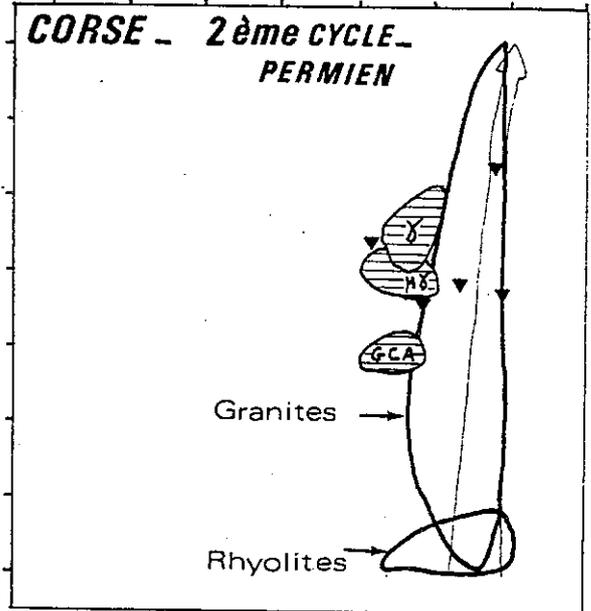
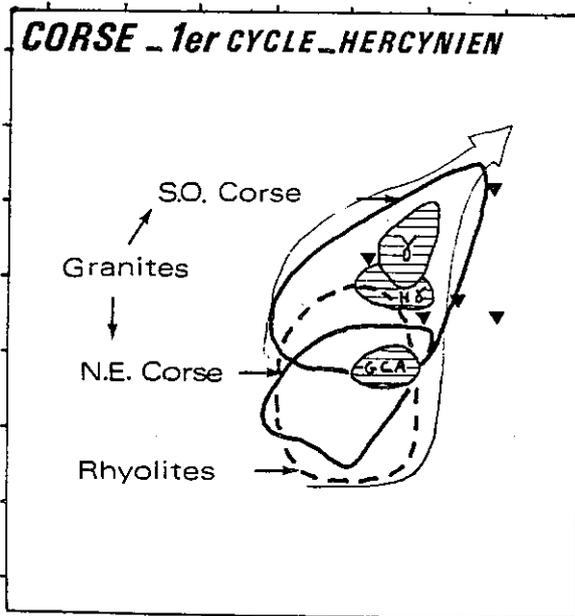
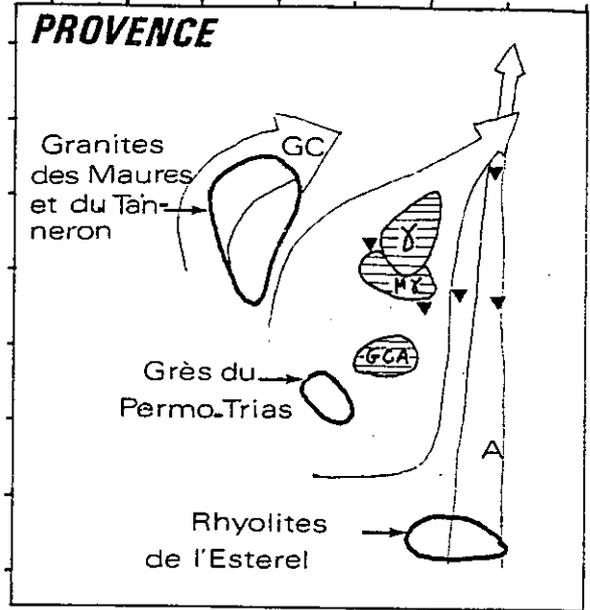
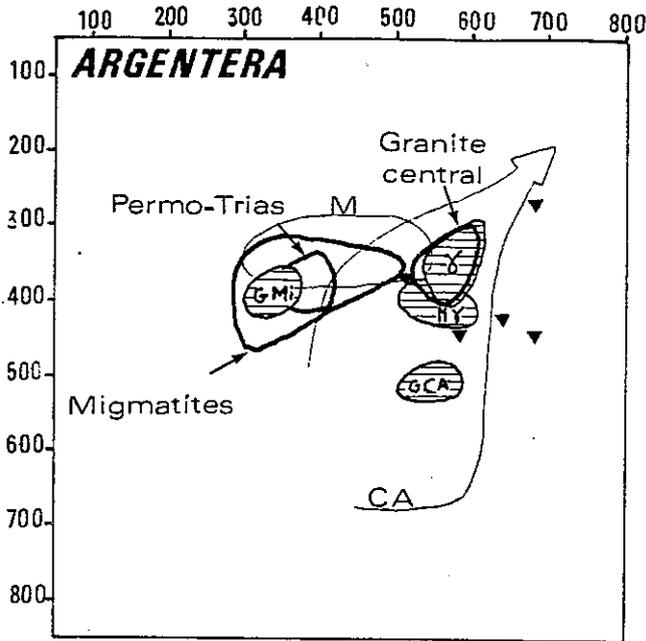
IV - ÉTUDE DES POPULATIONS DE ZIRCONS DANS LA MATRICE DES POU- DINGUES

Deux échantillons ont été analysés, dont un avec sous-populations effectuées par J.P. PUPIN (conglomérat inférieur : GIA1 et supérieur : GIA2 du col et des lacs de Gialorgue) (cf. annexe et fig. 100). La typologie et les autres caractères morphologiques des zircons, ainsi que les indices A et T sont très comparables à ceux des grès. On retrouve une population migmatitique (environ 2/3 des apports) et une population calco-alcaline (à $\overline{IA} = 520$ et $\overline{IT} = 533$).

Le report des points moyens des populations totales et des sous-populations* montre l'origine commune des grès et de la matrice des niveaux de poudingues de la série Grès d'Annot ouest-Argentera (les conglomérats sont situés au sommet du 1/3 inférieur de la série).

*fig.102





V - COMPARAISON AVEC LES ROCHES RÉGIONALES (FIG.103)

A - LES ROCHES MAGMATIQUES EN GALETS DANS LES POUNDINGUES

Les populations de zircons des roches magmatiques en galets montrent qu'il s'agit de termes de fin de lignée calco-alcaline. Ces roches appartiennent donc au même magmatisme hercynien -mais procèdent vraisemblablement d'émissions successives- (En effet, si les points moyens des populations de zircons des microgranites sont en "relation normale" avec ceux des granites, il en va autrement pour les rhyolites qui sont plus évoluées typologiquement).

1) Granites et microgranites (50 % des galets)

Seul le granite central de l'Argentera présente des populations comparables. Cependant, cette intrusion est encore peu décapée et ce sont essentiellement des faciès de bordure à muscovite et à grenat qui affleurent actuellement, or, ce type de roche est très peu représenté dans les poudingues comme je l'ai signalé dans le chapitre précédent.

Les granites des Maures et du Tanneron (granites d'anatexie) et ceux du 2^e cycle corse (granite permo-triasique de la lignée alcaline) sont à éliminer, ce qui confirme les données pétrographiques et minéralogiques.

De même, l'étude typologique permet d'exclure comme source d'apport la quasi-totalité des granites et microgranites hercyniens calco-alcalins régionaux qui présentent pourtant des affinités de faciès avec ceux en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera. En effet, les granites du 1^{er} cycle corse et les galets de granites et de microgranites de Saint-Antonin (d'origine corso-sarde et locale) présentent des populations moins évoluées typologiquement.

2) Rhyolites (10 % des galets)

Parmi les roches volcaniques régionales étudiées typologiquement, aucune ne présente des populations calco-alcalines aussi "évoluées" que celles en galets dans les Grès d'Annot.

- Les rhyolites hercyniennes "corso-sardes" à l'affleurement en Corse et en galets à Saint-Antonin appartiennent à la lignée calco-alcaline, mais sont typologiquement moins "évoluées".

◀◀ Fig.103: distribution des roches étudiées dans le diagramme I.A , I.T .
Comparaison avec les roches régionales.

GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA	
galets des poudingues	matériel gréseux et matrice des poudingues
<ul style="list-style-type: none">  granites  microgranites ▼ rhyolite 	<ul style="list-style-type: none">  populations totales  sous-populations magmatique  calco-alcalines  sous-populations migmatitiques

Champ principal des migmatites (M) ; des granites d'origine crustale (GC) ; des séries calco-alcalines (CA) ; des séries alcalines (A) ,
d'après PUPIN (1976).

- Ces roches qui présentent des affinités pétrographiques avec le matériel en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera s'en distinguent donc nettement par leur typologie (cf. chapitre 4 , 2ème partie).

- Les rhyolites en galets dans le Nummulitique des unités subbriançonnaises du lac d'Allos et du Pelat sont également calco-alcalines , " moyennement évoluées " typologiquement. Ici les données typologiques confirment les différences pétrographiques et géochimiques en particulier existant avec le matériel volcanique en galets dans les Grès d'Annot étudiés.

- Enfin, les rhyolites permienes de l'Estérel et du second cycle corse appartiennent à la lignée alcaline .

N.B. - l'étude typologique des gneiss en galets dans les poudingues n'a pas été réalisée car le diagramme I.A, I.T n'est pas assez "discriminant" en ce qui concerne les roches migmatitiques.

B - GRES ET MATRICE DES POUDINGUES

Leurs populations de zircons, bimodales, traduisent une double origine, migmatitique (70 à 30 % selon les échantillons) et magmatique de la lignée calco-alcaline mais moins "évoluée" que celle des roches des conglomérats (30 % à 70 %).

1) Matériel magmatique

On peut observer en lame mince les débris des roches magmatiques qui ont participé à l'alimentation des grès (chapters 1 et 2, 2è partie). Ce sont des granites, des microgranites et des rhyolites.

. La typologie des zircons permet d'éliminer comme source d'apport de ce matériel, les formations suivantes :

- le granite central de l'Argentera plus évolué typologiquement;
- la couverture permo-triasique de ce massif dont les populations de zircons comportent 99 % de cristaux migmatitiques (ROMAIN, 1976);
- les roches magmatiques permienes de l'Estérel et du 2è cycle corse, ainsi que les granites des Maures et du Tanneron.

. Les populations de zircons "calco-alcalins" des grès présentent un caractère "corso-sarde" indéniable si on les compare à celles des roches magmatiques hercyniennes corses et en galets à Saint-Antonin (origine corso-sarde et locale pour certains granites en gros blocs). Les granites corses les plus semblables "typologiquement" sont largement répartis sur l'ensemble hercynien de l'île (fig. 104).

- Les sables et les ciments des conglomérats de Saint-Antonin présentent d'ailleurs la même bimodalité des populations de zircons que les Grès d'Annot étudiés. En outre, les formations permo-triasiques provençales d'affinité corso-sarde présentent des populations calco-alcalines comparables.

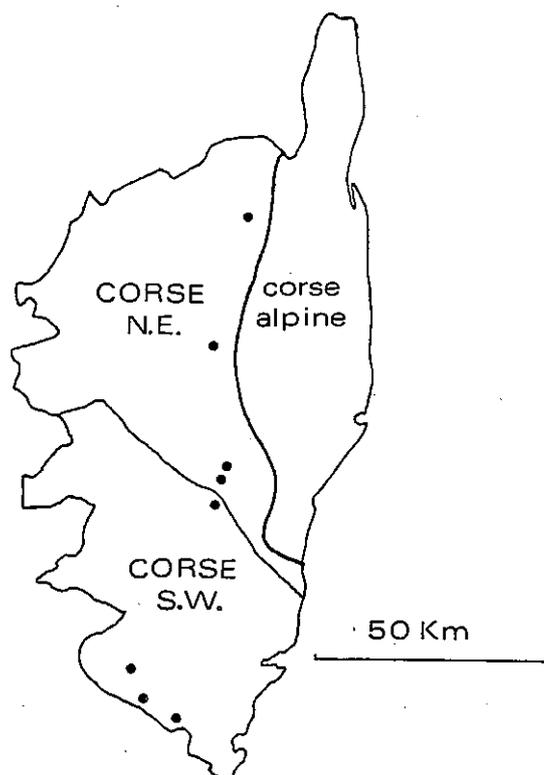


Fig. 104 - Localisation des granites hercyniens corses (lignée calco-alcaline) présentant des populations de zircons très comparables à la partie "magmatique calco-alcaline" des populations de zircons dans les Grès d'Annot ouest-Argentera (PUPIN, données inédites).

. Parmi les roches en galets supposées issues des "cordillères à Permien volcanique", seules les rhyolites des conglomérats nummulitiques des unités subbriançonnaises d'Allos-Pelat ont été étudiées typologiquement. Elles appartiennent à la lignée calco-alcaline et sont donc liées à l'orogénèse hercynienne. Au point de vue typologique, ces laves sont comparables à celles qui ont participé à l'alimentation des Grès d'Annot ouest-Argentera.

Les rhyolites des conglomérats tertiaires de l'unité du col de Tende et celles de la formations permienne de l'Inferno (couverture de l'Argentera) restent à étudier typologiquement et même pétrographiquement.

Dans toutes ces formations détritiques, les roches magmatiques en galet sont presque exclusivement des laves acides, les granites sont rares.

2) Le matériel migmatitique

L'étude typologique ne permet pas de préciser l'origine des zircons migmatitiques dont le champ est trop restreint sur le diagramme I.A, I.T.

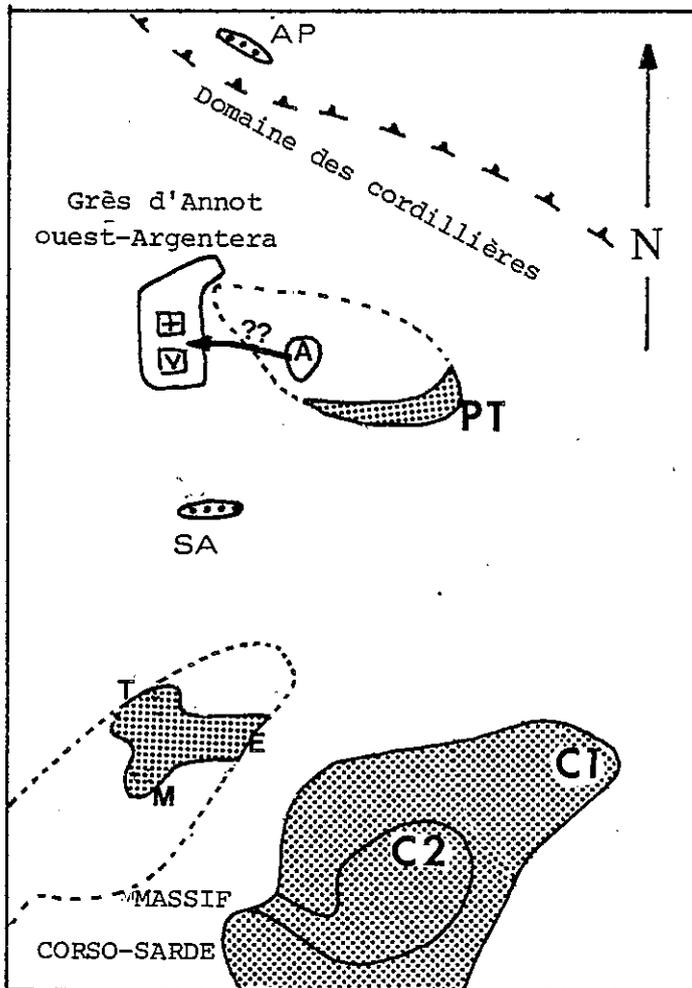
Il s'agit probablement d'un socle gneissique. On ne peut donc pas exclure une origine à partir des séries cristallophylliennes de l'Argentera si on admet que ce massif était émergé à l'Eocène supérieur. Il en est de même pour les gneiss en galets dans les poudingues (2ème partie, chapitre 4).

La couverture permienne pourrait également avoir fourni du matériel d'origine migmatitique mais on a vu que les Grès d'Annot n'étaient probablement pas une formation détritique de 2ème cycle (chapitre 1, 2ème partie).

VI - CONCLUSION A L'ETUDE TYPOLOGIQUE DES ZIRCONS DANS LES DANS LES GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

- l'étude typologique apporte de nombreux éléments en ce qui concerne l'origine du matériel magmatique des conglomérats (50 - 60 % des galets) et des grès (1/3 à 2/3 de zircons "magmatiques") de la série étudiée (fig. 105).

- Le matériel d'origine métamorphique (10 % des galets , 2/3 à 1/3 des zircons dans les grès) provient probablement d'un socle gneissique.

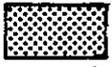


A/ MATERIEL MAGMATIQUE
EN GALETS : origine inconnue
(60 % des galets)

termes de fin de lignée calco-
alcaline

GRANITES : quelques affinités
typologiques avec les faciès
centraux du granite central de
l'Argentera mais origine proba-
blement à rechercher dans une
autre zone de socle étant donné
la petite surface d'affleurement
actuelle des faciès centraux du
batholite.

RHYOLITES : aucune affinité
régionale connue

 formations n'ayant pas
fourni de galets de roches
magmatiques dans les Grès d'Annot
ouest-Argentera

50 Km

M. : granites des Maures T. : granites du Tanneron

E. rhyolites de l'Estérel

C2 : granites et rhyolites alcalins permo-triasiques du 2ème cycle corse

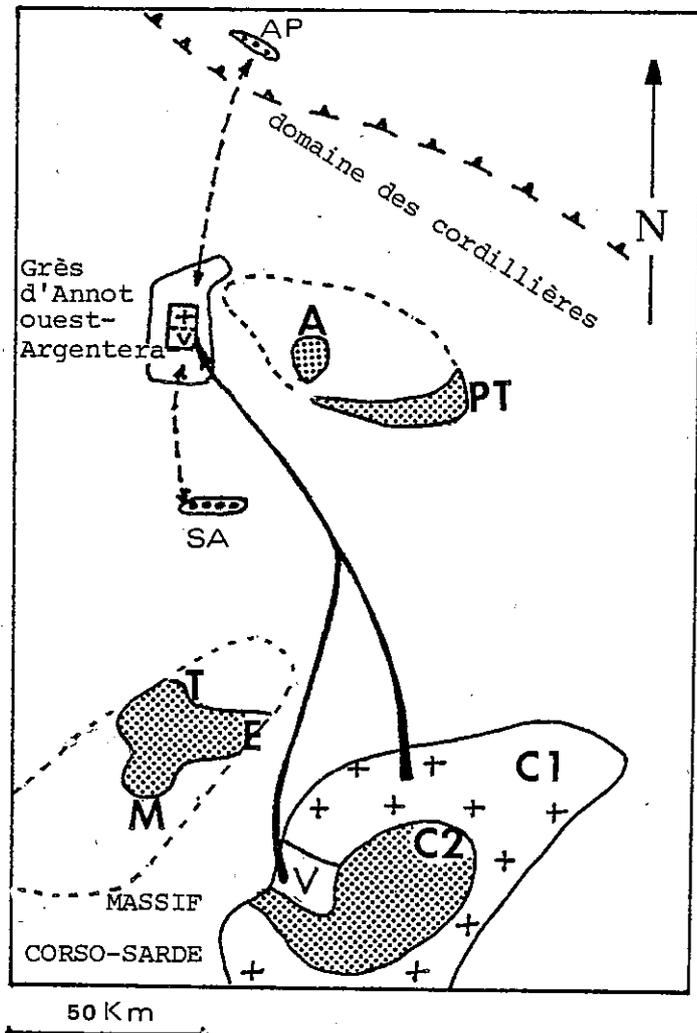
C1 : - - - - - hercyniens du 1er cycle corse

A : granite central de l'Argentera P T : couverture permo-triasique

 Conglomérats nummulitiques: de l'Argentera (conglomérats...)

A P : des unités subbriançonnaises d'Allos-Pelat

S A : du synclinal de Saint-Antonin



B/ MATERIEL MAGMATIQUE
DANS LES GRÈS

Lignée calco-alcaline
"moyennement évoluée" au point
de vue typologique (granites ,
rhyolites ...)

← source possible

- CORSE HERCYNienne
(granites, rhyolites du 1er
cycle corse)

- DOMAINE DES "CORDILLIERES"

↘ matériel comparable

CONGLOMERATS NUMMULITIQUES DE
SAINT-ANTONIN (granites et
rhyolites)

CONGLOMERATS NUMMULITIQUES DES
UNITES SUBBRIANCONNAISES D'ALLOS
PELAT (rhyolites)

▨ formations n'ayant pas par-
ticipé à l'alimentation des grès.
Pas d'affinité typologique

fig. 105 : comparaison typologique de la part magmatique du matériel gré-
seux et conglomératique de la série Grès d'Annot ouest-Argentera avec les
roches régionales étudiées typologiquement

+ granite V rhyolite

N.B. Corse et affleurements des zones internes en position palinspastique
approximative.

DEUXIEME PARTIE

CONCLUSION

L'étude pétrographique et sédimentologique des grès et des poudingues de la série Grès d'Annot ouest-Argentera permet de mettre en évidence qu'il s'agit d'une formation détritique de 1er cycle et non du résultat du remaniement de formations sédimentaires plus anciennes, comme l'avaient proposé GOBLER (1958), STANLEY (1961) (Permo-Trias de l'Argentera) et IVALDI (1973) (Flysch à Helminthoïdes).

De plus, les directions des apports dans les grès ouest-Argentera (du SE vers le NW) sont assez peu compatibles avec une source en position orientale type Permo-Trias de l'Argentera (cf. modèle de STANLEY fig. 9 , P.18) ou nord-orientale (cf. modèle d'IVALDI fig.11 , P.20). On notera que l'interprétation d'IVALDI est également en contradiction avec les résultats des études des figures de paléocourants dans les Grès de Peira-Cava (cf. P.21).

La patrie d'origine des Grès d'Annot étudiés se situait probablement à quelques dizaines de kilomètres au SE du bassin (dans sa position palinspastique).

Ce continent présentait à l'affleurement les formations suivantes :

- un socle cristallophyllien de type évolué (gneissique) ;
- un ensemble d'intrusions granitiques et de formations volcaniques acides hercyniennes (séries calco-alcalines) affleurant largement;
- une couverture sédimentaire montant jusque dans le Nummulitique.

L'érosion de ce continent a produit un volume considérable de matériel grossier (au moins 100 Km³ compte-tenu de la dimension du bassin turbiditique ouest-Argentera) qui a été transporté par un fleuve à tendance torrentielle sur une distance assez courte jusqu'à la zone côtière. Là, sables, graviers et épisodiquement galets étaient directement piégés par un canyon sous-marin.

Dans le détail, le matériel sableux est pétrographiquement un peu différent des galets des conglomérats. Mais, les poudingues dont le dépôt résulte de coulées boueuses sous-marines, sont la conséquence d'épisodes catastrophiques (seïsmes, crues ?) mettant probablement en jeu du matériel qui n'atteignait pas le bassin en régime "normal" (tableau H).

Ces différences sont :

- la proportion de matériel d'origine magmatique, plus importante dans les conglomérats que dans les grès ;
- la typologie des zircons de ce matériel, hercynien (lignée calco-alcaline), plus évoluée pour les roches en galets que pour la " part magmatique " des grès.

	"ROCHES-MERES"			Méthode utilisée	
	ENDOGENES 70 %		SEDIMENTAIRES 15 %	QUARTZ FILONNIEN 15 %	
GRES ET MATRICE DES POUDINGUES	MAGMATIQUES 1/3 à 2/3 rhyolites, micro- granites, grani- tes	METAMORPHIQUES (migmatitiques) 2/3 à 1/3 gneiss, quartzites	grès calcaires		-pétrographie des granules -typologie des zircons
GALETS DES NIVEAUX DE POUDINGUES	50 à 60 % granites microgranites rhyolites	10 % gneiss	15 % grès calcaires	15 %	-pétrographie des galets

Tableau H - Comparaison pétrographique du matériel constitutif des grès et des poudingues.

Les roches magmatiques en galets n'ont plus d'équivalent régional à l'affleurement, en particulier pour les laves. Les granites présentent quelques affinités avec les faciès centraux du batholite central de l'Argentera mais il est peu probable qu'ils proviennent de cette intrusion étant donné son faible degré d'érosion et l'absence de faciès de bordure dans les Grès d'Annot ouest-Argentera. D'autre part les roches métamorphiques en galets dans les poudingues ne présentent pas clairement d'affinité avec le socle de l'Argentera.

La "part magmatique" des grès présente des affinités typologiques avec le socle corso-sarde (à l'affleurement en Corse et à l'origine d'une partie du matériel des formations conglomératiques de Saint - Antonin) et avec le matériel volcanique issu du démantèlement des "paléocordillères" nummulitiques.

Dans les sables de Saint-Antonin, on retrouve la même bimodalité des apports (métamorphiques et magmatiques) que dans les Grès d'Annot étudiés.

Cependant, la comparaison des roches sédimentaires en galets à Saint Antonin et dans les Grès d'Annot ouest-Argentera amène à distinguer au sein du massif corso-sarde :

- une région ouest à Urganien type provençal et calcaire nummulitique d'âge fini-bartonien à priabonien basal qui aurait alimenté Saint-Antonin
- une région Est à Crétacé inférieur de plate-forme de type Urganien mais de couleur sombre (dépôt des prolongements vers l'Est de la plate-forme provençale?) et à calcaire nummulitique de la limite Lutétien-Bartonien donc plus vieux qu'à l'ouest qui aurait alimenté les Grès d'Annot ouest-Argentera.

Ainsi, l'origine des grès étudiés serait à rechercher dans les prolongements orientaux du massif corso-sarde ou dans la partie sud du domaine des "cordillères". On a alors un nouvel argument en faveur de la parautochtonie de la série ouest-Argentera (soubassement des nappes de l'Ubaye) compte tenu des directions d'apport dans la série Grès d'Annot en position actuelle et des affinités sud-orientales de son matériel. (fig. 106).

Si la localisation du continent d'origine reste hypothétique, l'étude pétrographique des Grès d'Annot ouest-Argentera permet d'éliminer comme source des apports : les massifs cristallins provençaux, les roches magmatiques du second cycle corse, le massif de l'Argentera et les Bési-maudites ligures.

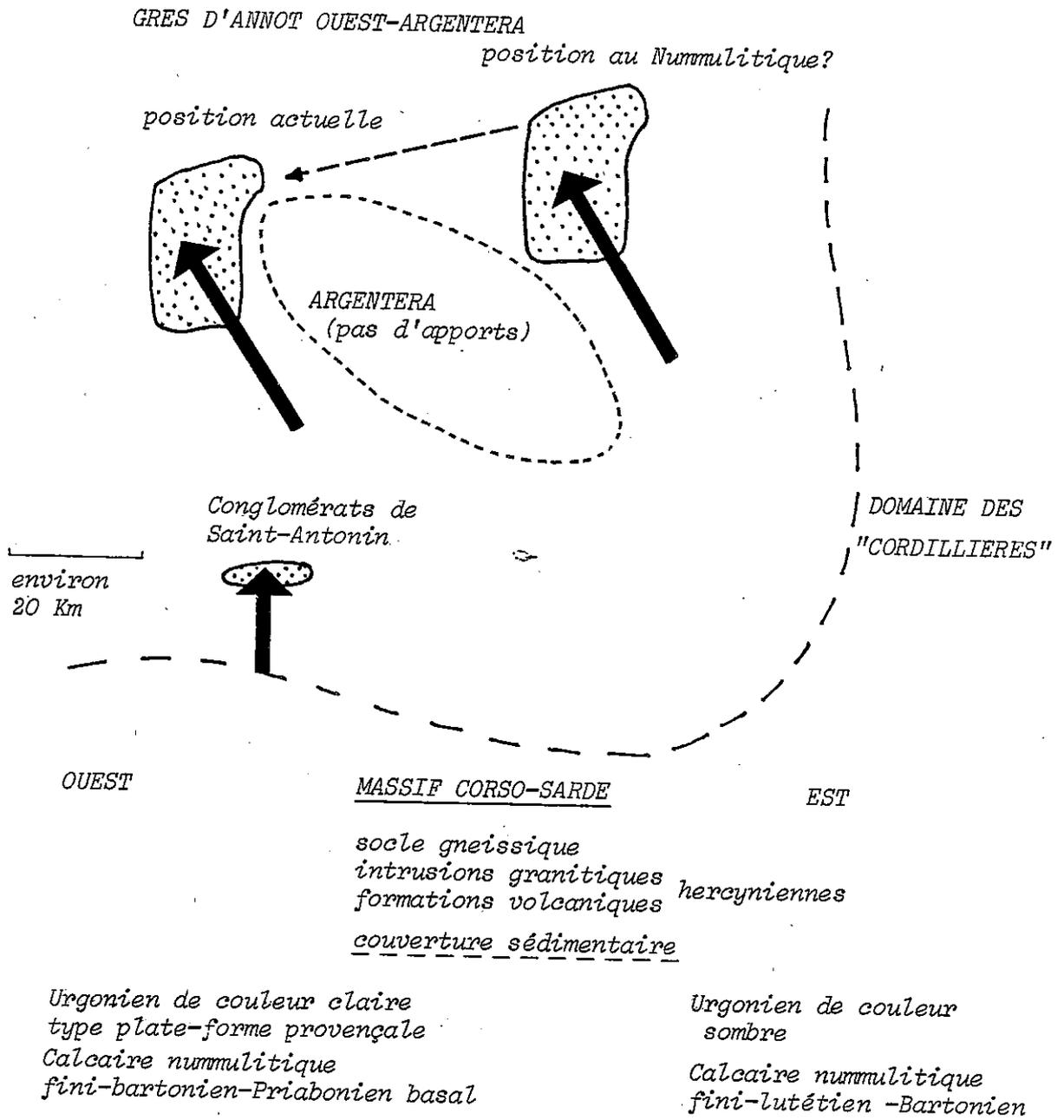


Fig.106 : comparaison du matériel détritique des Grès d'Annot ouest-Argentera avec celui des conglomerats de Saint-Antonin. Conséquences paléogéographiques.

→ sens des apports

Reste le problème de l'affinité du matériel du Flysch à Helminthoïdes (notamment de l'Embrunais-Ubaye) avec celui des Grès d'Annot de la partie NE du bassin : débris de roches endogènes comparables (TASSE, 1982) et paramètres de thermoluminescence des quartz identiques (IVALDI, 1973).

Si l'hypothèse d'une alimentation des Grès d'Annot par le Flysch à Helminthoïdes se heurte à certains résultats mis en évidence dans cette étude*, la difficulté peut être tournée en envisageant une patrie d'origine commune pour les deux formations (fonctionnant au Crétacé supérieur et au Nummulitique).

C. KERCKHOVE (1969) proposait d'ailleurs une alimentation par le massif corso-sarde pour le Flysch à Helminthoïdes de l'Embrunais-Ubaye. En outre , N. TASSE (1982) a mis en évidence des apports depuis l'Ouest et le SW dans cette série.

Cette interprétation reste bien sûr extrêmement hypothétique. La typologie des zircons appliquée au Flysch à Helminthoïdes pourrait contribuer à éclaircir ce problème.

* cf. page 201 et chapitre 1 de la 2ème partie.

CONCLUSION GENERALE

- I - PRINCIPAUX RESULTATS RELATIFS AUX GRES D'ANNOT
DU N.W. DU MASSIF DE L'ARGENTERA
- II - CONSEQUENCES A L'ECHELLE DU BASSIN DES GRES D'ANNOT
- III - PROBLEMES POSES ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

I - PRINCIPAUX RESULTATS RELATIFS AUX GRÈS D'ANNOT DU NW DU MASSIF DE L'ARGENTERA

Au sein des affleurements de Grès d'Annot étudiés, on distingue nettement deux types de séries à turbidites, de part et d'autre de l'accident majeur de Bousiéyas - Camps des Fourches.

- à l'ouest : la série ouest-Argentera affleure sur 150 Km² environ dans les massifs de Sanguinière et de Restefond;

- à l'Est : la série nord-Argentera constitue une mince bande d'affleurement étudiée sur quelques kilomètres seulement mais qui pourrait présenter le même faciès jusqu'à Demonte à l'Est en territoire italien.

Cette dualité concerne aussi le Crétacé supérieur et le Nummulitique carbonaté sous-jacent aux Grès d'Annot.

A- LES SERIES OUEST ET NORD ARGENTERA

DEUX MODELES DE CONES SOUS-MARINS PROFONDS

1) La série ouest-Argentera (à l'ouest de la faille de Bousiéyas) : un modèle complexe de cône à basse efficacité de transport.

Dans cette série qui atteint 1000 mètres d'épaisseur, les apports sont essentiellement du SE/SSE vers le NW/NNW.

Une de ses particularité est qu'elle constitue le remplissage d'une dépression étroite d'axe SSE-NNW au toit des Calcschistes à Globigérines.

Par delà une organisation interne complexe, on y reconnaît les dépôts de la zone d'accumulation des sables d'un cône se rapprochant plutôt du type à basse efficacité de transport, mais différent du modèle de MUTTI (1979). En effet les accumulations se font sous forme de grandes lentilles gréseuses plates (turbidites grossières) séparés par des niveaux minces à turbidites fines.

L'édification de l'appareil détritique est contrôlée par la nature grossière des sédiments et par la physiographie du bassin-récepteur qui semble privilégier le développement vertical plutôt que la progradation du cône sous-marin.

La série Grès d'Annot de la Chaîne des Trois-Evéchés, à l'ouest, présente schématiquement le même modèle d'organisation interne (INGLIS et al. 1981). Il est probable que les deux séries se sont déposées dans un bassin commun. Elles comportent en outre des niveaux de poudingues identiques (debris-flows) et qu'on ne retrouve dans aucun autre affleurement de Grès d'Annot.

2) La série nord-Argentera (à l'Est de la faille de Bousiéyas) : un modèle plus classique de la même famille de cônes.

Elle a également été alimentée depuis le SE et atteint 650 mètres d'épaisseur.

La série semble s'être édiflée radialement au débouché d'un canyon sous-marin et non par remplissage d'une dépression très marquée.

Son organisation en deux ensembles distincts traduit la progradation d'un cône sous-marin profond à basse efficacité de transport comparable au modèle de MUTTI (1979) et dont on observe les dépôts du suprafan externe à lobes (ensemble inférieur riche en turbidites fines avec quelques intercalations de bancs gréseux à forte extension latérale) et du suprafan interne à chenalisations éphémères (ensemble supérieur uniquement formé de turbidites grossières se ravinant mutuellement)

N.B.: Les relations paléogéographiques de ces deux séries restent conjecturales du fait de leur situation actuelle dans deux compartiments tectoniques indépendants de part et d'autre de l'accident du Camps des Fourches dont le rejet semble avoir une forte composante en décrochement.

B - LES ETAPES DE LA MISE EN PLACE DES APPAREILS DETRITIQUES OUEST ET NORD -ARGENTERA

1) à l'Ouest de l'Argentera

- La structuration du bassin-recepteur des turbidites (dépression d'axe SSE-NNW débouchant probablement dans la région des Trois-Evéchés) est en grande partie liée à une phase de tectonique synsédimentaire contemporaine de la fin du dépôt des Calcschistes à Globigérines. En outre, l'anticlinal des Terres-Plaines, zone haute depuis le Crétacé supérieur, constituerait la bordure nord ou un seuil dans la partie nord du bassin

- La dépression ouest-Argentera est ensuite progressivement comblée (et débordée?) par des turbidites sableuses issues du SE. Elle canalise le premier tiers des écoulements turbiditiques au moins, cependant que les déformations synsédimentaires se poursuivent. Son influence directionnelle s'atténue par la suite puisque les directions de courant deviennent plus dispersées dans les parties hautes de la série.

- Un changement radical de la paléogéographie intervient finalement, en liaison avec le soulèvement des Alpes internes. Une pente vers le SW se crée et induit la remobilisation d'une partie des accumulations turbiditiques de Sanguinière-Restefond et de la chaîne des Trois-Evéchés (INGLIS et al. 1981) par glissements et arrachements sous-marins.

Provenant d'un front orogénique annonciateur de la mise en place des nappes du domaine alpin interne, des coulées boueuses à blocs (Schistes à blocs) viennent draper la paléotopographie accidentée du toit des séries Grès d'Annot.

2) Au Nord de l'Argentera

- Pendant le dépôt des Calcschistes à Globigérines, la région nord-Argentera ne semble pas être affectée par des phénomènes de tectonique synsédimentaire.

- Le cône sous-marin ouest-Argentera, alimenté depuis le SE s'édifie par progradation probablement sur un glacier ou dans un bassin ouvert.

- Comme à l'ouest de l'Argentera, il y a basculement du bassin vers le SW et remobilisation des parties supérieures de la série turbiditique avant l'arrivée des coulées boueuses à blocs.

C - LES SOURCES DU MATERIEL DETRITIQUE

- Les Grès d'Annot étudiés présentent les caractères de formations détritiques de premier cycle (c'est à dire issues du démantèlement d'un "socle" et non d'une formation détritique plus ancienne). Les hypothèses d'une alimentation par la couverture permo-triasique de l'Argentera (GUBLER 1958 , STANLEY 1961) ou par le Flysch à Helminthoides (IVALDI 1973) sont donc remises en question.

- Les sables , graviers ,et galets ont subi un transport fluviatile court avant leur reprise par "mass-flows".

- Seul le matériel ouest-Argentera a été étudié en détail d'un point de vue pétrographique (âge et faciès des roches sédimentaires en galets dans les poudingues, minéralogie et typologie des zircons des grès et des galets de roches endogènes)

Il comporte :

1) une part de matériel d'origine inconnue (sans équivalent régional actuel)

+ les granites en galets dans les poudingues : granites hercyniens de la lignée calco-alcaline, très évolués typologiquement (50 % des galets). Malgré quelques affinités avec les faciès centraux du batholite central de l'Argentera, ils ne peuvent provenir de cette intrusion dont la surface d'affleurement actuelle est très réduite.

+ Les rhyolites en galets dans les poudingues : rhyolites hercyniennes de la série calco-alcaline, très évoluées typologiquement (10 % des galets).

+ Les calcaires de plateforme du Crétacé inférieur en galets dans les poudingues (moins de 5 % des galets). Ils se différencient des calcaires urgoniens s.l. de la plate-forme provençale par leur couleur sombre (matière organique) mais pourraient provenir des prolongements de cette dernière vers l'Est.

2) une part de matériel à affinité sud-orientale

+ la " part d'origine magmatique " du matériel gréseux (1/3 à 2/3 des apports) provient de roches magmatiques acides hercyniennes, de la lignée calco-alcaline , " moyennement évoluées " typologiquement et comparables

- aux granites et aux rhyolites hercyniennes à l'affleurement en Corse (1er cycle) ou en galets dans les conglomérats de Saint-Antonin (matériel d'origine corso-sarde et locale);

- aux rhyolites en galets dans le Tertiaire des unités subbriançonnaises du lac d'Allos et du Pelat.

+ les calcaires nummulitiques en galets dans les poudingues d'âge (Eocène moyen) et de faciès (biarritzien) comparables à ceux des Alpes-Maritimes italiennes (moins de 5 % des galets).

3) une part de matériel trop banale pétrographiquement et typologiquement pour pouvoir préciser son origine

+ les gneiss en galets dans les poudingues (10 % des galets) (pas d'affinité claire avec le socle de l'Argentera cf. p.166)....

+ la " part d'origine métamorphique " des grès (2/3 à 1/3 des apports). Elle provient d'un socle gneissique.

+ certaines roches sédimentaires en galets dans les poudingues.

La source du matériel Grès d'Annot ouest-Argentera est donc un socle gneissique à intrusions granitiques et formations volcaniques acides hercyniennes largement décapées par l'érosion dont la couverture sédimentaire monte jusque dans l'Eocène moyen.

On peut éliminer comme zone d'apport : les massifs cristallins provençaux, les roches magmatiques permo-triasique du second cycle corse , les "Bésimaudites" ligures et le massif de l'Argentera.

Le continent d'origine du matériel turbiditique étudié pourrait correspondre aux prolongements vers l'Est du massif corso-sarde ou à la partie sud du domaine des cordillères.

L'affinité sud-orientale d'une importante partie du matériel est un argument en faveur de la parautochtonie des séries qui constituent actuellement le soubassement des nappes de l'Ubaye et dont la position originelle était probablement plus orientale.

II - CONSEQUENCES PALEOGEOGRAPHIQUES A L'ECHELLE DU BASSIN DES GRÈS D'ANNOT

Au terme de cette étude , on est amené à reconsidérer la paléogéographie des confins sud-orientaux du domaine externe au Nummulitique.

Il faut distinguer deux zones au sein du domaine d'affleurement actuel des Grès d'Annot, de part et d'autre d'une ligne Colmars - St Martin Vésu-bie - Vintimille (fig. 107) :

+ la zone SW a fait l'objet de la majeure partie des études consacrées aux Grès d'Annot jusqu'à ce jour. Sa paléogéographie pose relativement peu de problèmes du fait de l'autochtonie des affleurements ;

+ la zone NE constitue le soubassement des nappes de l'Ubaye au NW et des Alpes-Maritimes au SE. Son autochtonie est fortement mise en doute, en particulier dans le secteur Ubaye qui a fait l'objet d'études sédimentologiques (ce mémoire, INGLIS et al. , 1981) et structurales (TEMPIER , 1979 ; KERCKHOVE et al. , 1978 ; BOGDANOFF , 1980,1984) récentes.

AFFLEUREMENTS DE GRES D'ANNOT SITUES AU NE D'UNE LIGNE COLMARS-VINTIMILLE
PARAUTOCHONES ?

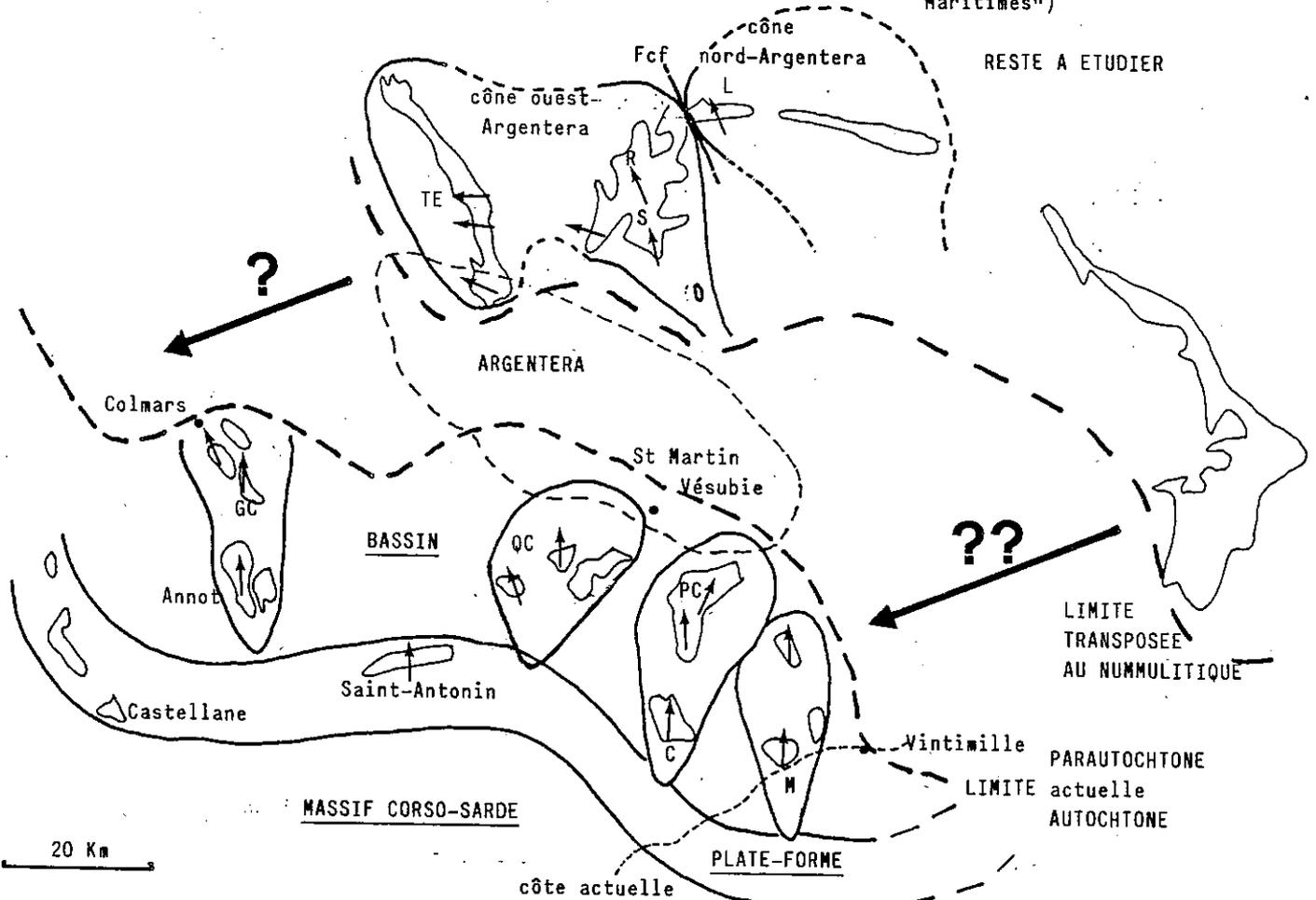
SECTEUR UBAYE

- 2 cônes sous-marins profonds (ouest et nord-Argentera)
- alimentation depuis le SE par un massif actuellement disparu à l'affleurement (prolongements orientaux du massif corso-sarde? partie méridionale du domaine des cordillères?)

TE: Trois-Evéchés, S: Sanguinière
R: Restefond, L: Lauzanier

SECTEUR ALPES-MARITIMES

(affleurements en territoire italien, "Flysch des Alpes-Maritimes")



AFFLEUREMENTS SITUES AU SW D'UNE LIGNE COLMARS-VINTIMILLE

- affleurements en position autochtone
- canyons et cônes sous-marins (dépôts de plate-forme au Sud)
- alimentation par le massif corso-sarde

GC: Grand-Coyer, QC: Quatre-Cantons, C: Contes, PC: Peira-Cava, M: Menton

Fig. 107: ESSAI DE RECONSTITUTION PALEOGEOGRAPHIQUE DU BASSIN DES GRES D'ANNOT AU NUMMULITIQUE

← sens des apports dans les Grès d'Annot

Les affleurements de la zone NE sont en position palinspastique très hypothétique. Dans le "secteur Ubaye", on n'a pas tenu compte du jeu coulissant de la faille du Camps des Fourches qui a probablement mis en regard les séries ouest et nord-Argentera. La position relative des 2 cônes au Nummulitique est inconnue. Répartition actuelle des affleurements cf. fig. 1 p.8.

Les Grès d'Annot, en territoire italien ont été très peu étudiés, en raison de conditions d'affleurement et de conditions structurales défavorables.

Les problèmes liés au secteur NE entâchent donc d'erreur toute tentative de reconstitution paléogéographique de l'ensemble du bassin des Grès d'Annot.

On peut néanmoins supposer qu'au Nummulitique, le bassin des Grès d'Annot s'étend plus loin vers l'Est que la limite orientale actuelle de ses affleurements.

Il se présente comme un ensemble de "cônes" sous-marins profonds présentant chacun des caractères particuliers mais qui semblent tous se rattacher à la famille des cônes à basse efficacité de transport.

Certains s'édifient par comblement de dépressions en gouttière structurées pendant le dépôt des Marnes Bleues, on l'a vu pour le cône ouest - Argentera, c'est aussi le cas du canyon-cône sous-marin d'Annot - Grand - Coyer. D'autres sont plus nettement progradants (cône nord-Argentera). Le cône Contes-Peira-Cava offre encore un modèle différent.

En ce qui concerne les zones d'apport du matériel détritique :

- Les cônes situés au SW de la ligne Colmars-Vintimille (Annot - Grand Coyer, Quatre Cantons - Tournairat, Contes - Peira Cava, Menton) ainsi que les dépôts de plate-forme associés de Saint-Antonin sont certainement alimentés depuis le Sud par le massif corso-sarde. En outre, à Saint-Antonin, une lame de socle actuellement disparue à l'affleurement fournit de gros blocs de granites dans les conglomérats.

- Les deux appareils reconnus dans le secteur Ubaye (cônes ouest et nord-Argentera) ont été alimentés depuis le SE par une zone de socle qui pourrait correspondre à la partie orientale du massif corso-sarde ou à une "cordillère" en position méridionale. Leur situation palinspastique est probablement plus orientale que leur situation actuelle. Les Grès d'Annot en territoire italien pourraient avoir le même continent d'origine.

- Le massif de l'Argentera n'est pas émergé au centre du bassin comme le propose STANLEY (1961). Son soulèvement n'interviendrait qu'au Miocène supérieur.

- Le serrage alpin a pour conséquences le basculement vers le SW de la partie interne du bassin des Grès d'Annot avant l'arrivée des coulées boueuses à blocs puis le clivage de la couverture dont les parties sommitales sont poussées vers l'Ouest ou le SW au front des nappes alpines jusqu'à leur position actuelle.

III - PROBLEMES POSES ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Le problème principal est la situation originelle des différents affleurements de Grès d'Annot dans le bassin nummulitique. Une étude structurale plus poussée de la couverture, soubassement des nappes de l'Ubaye et surtout des Alpes-Maritimes serait nécessaire. Dans la même optique, le fonctionnement de certaines failles majeures (faille du Camps des Fourches en particulier) est à revoir.

En dépit des conditions d'affleurement défavorables, une meilleure connaissance des équivalents latéraux des Grès d'Annot en territoire italien (" flysch des Alpes-Maritimes ") est indispensable pour proposer un schéma paléogéographique complet du bassin.. Il faudrait au moins connaître avec précision les directions d'apport dans ces séries.

Enfin, une étude systématique du matériel gréseux et conglomératique des affleurements de l'ensemble du bassin serait intéressante pour préciser encore la nature des zones d'apport. La typologie des zircons semble ici particulièrement bien adaptée.

Dans le cadre plus vaste de l'ensemble des flyschs nummulitiques alpins, les relations Grès d'Annot, Grès du Champsaur, flysch des Aiguilles d'Arves ... restent à étudier.

- - - - -
- - - - -
-

BIBLIOGRAPHIE

- AMAUDRIC DU CHAFFAUT S. (1980). - Les unités alpines à la marge orientale du massif cristallin corse. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Paris VI.
- ARNAUD-VANNEAU A., ARNAUD H., CHAROLLAIS J., CONRAD M.A., COTILLON P., FERRY S., MASSE J.P., PEYBERNES B. (1979). - Paléogéographie des calcaires urgoniens du Sud de la France. Géobios, Lyon, mém. spéc. n° 3, pp. 363-383, 7 fig.
- BEAUVAIS L., RIEUF M. (1981). - Découverte de Madréporaires oxfordiens dans les calcaires de Caporalino (Corse). Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. XXIII, n° 4, pp. 353-359, 2 fig., 1 pl.
- BERTRAND L. (1896). - Etude géologique du Nord des Alpes-Maritimes. Bull. Serv. Carte géol. Fr., IX, n° 56, Paris.
- BLANC C. - Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble, en préparation.
- BLANC J.J. (1951). - Les formations détritiques de la Ciotat. Etude statistique et pétrographique. Bull. Soc. géol. Fr., (6), t. I, fasc. 4,5,6, pp. 369-380.
- BODELLE J. (1971). - Les formations nummulitiques de l'arc de Castellane. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Nice.
- BOGDANOFF S. (1980). - Analyse structurale dans la partie occidentale de l'Argentera-Mercantour (Alpes-Maritimes). Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Orsay.
- BOGDANOFF S. (1984). - Evolution alpine et varisque dans la partie ouest du massif de l'Argentera. Bull. B.R.G.M., à paraître.
- BOUSSAC J. (1912). - Etudes stratigraphiques sur le Nummulitique alpin. Mém. serv. Carte géol. Fr., 662 p., 20 pl.
- CAILLEUX A. (1945). - Distinction des galets marins et fluviatiles. Bull. Soc. géol. Fr., (5), 15, pp. 375-404.
- CAILLEUX A., TRICART J. (1959). - Initiation à l'étude des sables et des galets. 3 tomes. Sedes, Paris.
- CAMPREDON R. (1972). - Les formations paléogènes des Alpes-Maritimes franco-italiennes. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Nice, 2 vol.
- CAMPREDON R. (1977). - Les formations paléogènes des Alpes-Maritimes franco-italiennes. Mém. h.sér. Soc. géol. Fr., n° 9.
- CARPENA J., BOGDANOFF S. (1982). - Premiers âges traces de fission sur le couple apatite-zircon dans le NW de l'Argentera-Mercantour (Alpes-Maritimes). 9ème R.A.S.T., Paris, Soc. Géol. Fr. édit., Paris, p. 119.
- COCHONAT P. (1977). - La "demi-fenêtre d'Allos" (Alpes de Haute-Provence). Etude stratigraphique et tectonique. Thèse de doctorat 3ème cycle, Grenoble, 129 p.
- CREMER M. (1983). - Approches sédimentologique et géophysique des accumulations turbiditiques. L'éventail profond du Cap-Ferret (golfe de Gascogne). La série des Grès d'Annot (Alpes de Haute-Provence). Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Bordeaux.

- DARDEAU G. (1983). - Le Jurassique des Alpes-Maritimes (France). Stratigraphie, paléogéographie, évolution du contexte structural à la jonction des dispositifs dauphinois, briançonnais et provençal. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Nice, 391 p.
- DEBELMAS J. (1975). - Réflexions et hypothèses sur la paléogéographie crétacée des confins alpins-apenniniques. Bull. Soc. géol. Fr., (7), XVII, pp. 1002-1012.
- DEBELMAS J. (1983). - Alpes du Dauphiné. Guides géologiques régionaux. Masson éd., Paris.
- DEBELMAS J., KERCKHOVE C. (1982). - Les chaînes récentes du Sud-Est de la France. In Programme géologie profonde de la France. Rapports généraux et comptes rendus du colloque national. Série documents du B.R.G.M. n° 40, pp. 19-25.
- FAURE-MURET A. (1955). - Etudes géologiques sur le massif de l'Argentera-Mercantour et ses enveloppes sédimentaires. Mém. Expl. Carte géol. dét. Fr., Paris.
- FAURE-MURET A., FALLOT P., LANTEAUME M. (1957). - Sur les conglomérats lutétiens de la région de Tende et de la Brigue (Haute-Roya). C.R.Acad.Sc., 224, pp. 1977-1982, Paris.
- FOLK R.L. (1974). - Petrology of sedimentary rocks. Austin (Texas) Hemphill publishing Co. (The University of Texas, Geology 370 K, 383 L, 383 M).
- FOURCADE E., AZEMA J., CHABRIER G., CHAUVE P., FOUCAULT A., RAUGHEARD Y. (1977). - Liaison paléogéographique au Mésozoïque entre les zones externes bétiques, baléares, corso-sardes et alpines. Rev. Géogr. Phys. Géol. dyn., vol. XIX, fasc. 4, pp. 377-388.
- GHIBAUDO G. (1980). - Deep-Sea Fan Deposits in the Macigno Formation (Middle-Upper Oligocene) of the Gordana Valley, northern Apennines, Italy. Journal of Sedimentary Petrology, vol. 50, n° 3, pp. 723-742.
- GIRAUD J. (1983). - L'arc andésitique paléogène des Alpes Occidentales - Pétrologie-Volcanisme - Géologie - Géodynamique. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Nice, 378 p.
- GUBLER Y. (1958). - Etude critique des sources du matériel constituant certaines séries détritiques dans le Tertiaire des Alpes françaises du Sud : formations détritiques de Barrême, Flysch "Grès d'Annot". Eclogae géol. Helv., Bâle, vol. 51, n° 3, pp. 942-976.
- GUILLAUME A. (1967). - Contribution à l'étude géologique des Alpes liguro-piémontaises. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Paris, 3 vol.
- GUILLAUME A. (1969). - Contribution à l'étude géologique des Alpes liguro-piémontaises. Doc. lab. géol. Fac. Sci. Lyon, n° 30, pp. 1-270.
- INGLIS I., LEPVRAUD A., MOUSSET E., SALIM A., VIALLY R. (1981). - Etude sédimentologique des Grès d'Annot (région de Colmars-les-Alpes et du col de la Cayolle). Diplôme E.N.S.P.M., réf. 29 765.
- IVALDI J.P. (1973). - Contribution de la thermoluminescence à l'étude des séries "Grès d'Annot". Origine du matériel détritique, conséquences paléogéographiques. Thèse de doctorat 3ème cycle, Nice, 162 p.
- IVALDI J.P. (1974). - Origine du matériel détritique des séries "Grès d'Annot" d'après les données de la thermoluminescence. Géologie Alpine, t. 50, pp. 75-98.

- JEAN S. (1981). - Le continent corso-sarde et le problème de la patrie d'origine des Grès d'Annot. Mémoire de D.E.A., Grenoble, 27 p.
- JEAN S. (1984). - Témoins d'un socle disparu : les conglomérats paléogènes dans les Grès d'Annot du Haut-Var et de Haute-Tinée. 10ème R.A.S.T., Bordeaux, Soc. Géol. Fr. édit. Paris, p. 307.
- KERCKHOVE C. (1964). - Mise en évidence d'une série à caractère d'olisthostrome au sommet des Grès d'Annot (Nummulitique autochtone) sur le pourtour des nappes de l'Ubaye (Alpes franco-italiennes : Basses-Alpes, Alpes-Maritimes, province du Cuneo). C.R.Acad.Sci., Paris, t. 259, pp. 4742-4745.
- KERCKHOVE C. (1968). - Olisthostromes et tectogenèse dans les nappes de l'Embrunais-Ubaye. Série doc. int. Trav. Lab. Géol. Univ. Grenoble.
- KERCKHOVE C. (1969). - La "zone du Flysch" dans les nappes de l'Embrunais-Ubaye (Alpes Occidentales). Géologie Alpine, t. 45, pp. 5-204.
- KERCKHOVE C. (1980). - Panorama des séries synorogéniques des Alpes Occidentales in Evolutions géologiques de la France, Mém. B.R.G.M. n° 107, pp. 234-255.
- KERCKHOVE C., DEBELMAS J., COCHONAT P. (1978). - Tectonique du soubassement paraautochtone des nappes de l'Embrunais-Ubaye sur leur bordure occidentale, du Drac au Verdon. Géologie Alpine, t. 54, pp. 67-82.
- KUENEN Ph.H., FAURE-MURET A., LANTEAUME M., FALLOT P. (1957). - Observations sur les flyschs des Alpes-Maritimes françaises et italiennes. Bull. Soc. géol. Fr., (6), VII, pp. 4-26, Paris.
- LANTEAUME M. (1962). - Contribution à l'étude géologique des Alpes-Maritimes franco-italiennes. Thèse doctorat es Sciences Naturelles, Paris.
- LANTEAUME M., BEAUDOIN B., CAMPREDON R. (1967). - Figures sédimentaires du flysch Grès d'Annot, synclinal de Peira-Cava. Paris, édit. C.N.R.S.
- LAPPARENT A.F. DE (1938). - Etudes géologiques dans les régions provençales et alpines entre le Var et la Durance. Bull. Serv. Carte géol. Fr., XL, n° 198, Paris.
- LE GUERN M. (1979). - Le volcanisme andésitique tertiaire du synclinal de Saint-Antonin, position dans le contexte volcanique du SE. de la France. Thèse de doctorat 3ème cycle, Nice, 144 p.
- MALARODA R. (1957). - Studi geologici sulla dorsale montuosa compressa tra le basse valli della stura di Demonte e del Gesso (Alpi maritime). Mem. Ist. geol. Univ. Padova, XX, Padova.
- MALARODA R. (1963). - Les faciès à composante détritique dans le Crétacé autochtone des Alpes-Maritimes italiennes. Geol. Rundschau, 53, pp. 41-57, Stuttgart.
- MALARODA R. (1960). - Istituto di geologia dell'Università di Torino. Attività svolta nel quadriennio 1956-1959. La Ricerca Scient., 30e année, n° 9, pp. 1366-1378.
- MALARODA R., CARRARO F., DAL PIAZ G.V., FRANCESCHETTI B., STURANI C., ZANELLA E. (1967-70). - Carta geologica del massiccio dell'Argentera alla scala 1/50 000. Note illustrative. Mém. Soc. géol. Ital., IX (4), pp. 557-663, Pise.

- MAUFFRET A., REHAULT J.P., GENNESSAUX M., BELLAICHE G., LABARBARIE M., LEFEBRE D. (1981). - Western Mediterranean basin evolution from a distensive to a compressive regime. In sedimentary basins of Mediterranean margins. F.C. WEZEL éd., pp.67-81.
- MAURY P., RICOU L.E. (1983). - Le décrochement subbriançonnais : une nouvelle interprétation de la limite interne-externe des Alpes franco-italiennes. Rev. Géol. dyn. géogr. phys., vol. 24, fasc. 1, pp. 3-22, Paris.
- MOUGIN F. (1978). - Contribution à l'étude des sédiments tertiaires de la partie orientale du synclinal d'Annot. Thèse de doctorat 3ème cycle, Grenoble, 167 p.
- MUTTI E. (1977). - Distinctive thin-bedded turbidite facies and related depositional environments in the Eocene Hecho Group (South-central Pyrenees, Spain). Sedimentology, 24, p. 107-131.
- MUTTI E. (1979). - Turbidites et cônes sous-marins profonds. In sédimentation détritique (fluviale, littorale et marine), cours de 3ème cycle romand en Sciences de la Terre, Institut Geol. Fribourg, Homewood P. éd., pp. 353-419, Fribourg.
- MUTTI E. et RICCI-LUCCHI F. (1975). - Turbidite facies and facies associations. In: Examples of turbidite facies and facies associations from selected formations of the Northern Apennines. Intern. Congr. Sedimentology, Nice, France, Field Trip Guidebook, APP., pp. 21-36.
- NORMARK W.R. (1970). - Growth patterns of deep-sea fans. A.A.P.G. Bull., vol. 54, pp. 2170-2195.
- NORMARK W.R. (1978). - Fan valleys, channels, and depositional lobes on modern submarine fans : characters for recognition of sandy environments. A.A.P.G. Bull., vol. 62, n° 6, p. 912-931.
- PAIRIS J.L. (1971). - Effets de la tectonique en "coins" sur la marge orientale du synclinal d'Annot (Alpes de Haute-Provence). Géologie Alpine, t. 47, pp.215-222.
- PASSEGA R. (1963). - Analyses granulométriques, outil géologique pratique. Revue de l'I.F.P., XVIII, n° 11, pp. 1489-1498.
- PIPER D.J.W., PANAGOS A.G., PE G.G. (1978). - Conglomeratic Miocene flysch, western Greece. Jour. Sed. Petrology, v. 48, pp. 117-125.
- PUPIN J.P. (1976). - Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la méthode typologique. Applications. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Nice, 394 p.
- PUPIN J.P. (1980). - Zircon and Granite Petrology. Contrib. Mineral. Petrol. 73, 207-220.
- PUPIN J.P., TURCO G. (1981). - Le zircon, minéral commun significatif des roches endogènes et exogènes. Bull. Minéral., (1981), 104, 724-731.
- RAVENNE C., CREMER M. (1981). - Série des Grès d'Annot, rapport de fin de mission, premiers résultats. Rapport de l'I.F.P., Rueil-Malmaison, réf. 28915, 31 p.
- RAVENNE C., BEGHIN P. (1983). - Apport des expériences en canal à l'interprétation sédimentologique des dépôts des cônes détritiques sous-marins. Revue de l'I.F.P., vol. 38; n° 3, mai-juin 1983.

- REHAUT J.P. (1981). - Evolution tectonique et sédimentaire du bassin ligure (Méditerranée Occidentale). Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Paris VI.
- ROMAIN J. (1976). - Application au problème de l'origine du matériel détritique des séries permienues de la bordure SW du massif de l'Argentera-Mercantour d'une typologie du zircon accessoire. Mémoire de D.E.A., Nice.
- STANLEY D.J. (1961). - Etudes sédimentologiques des Grès d'Annot et de leurs équivalents latéraux. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Grenoble.
- STANLEY D.J. (1975). - Submarine canyon and slope sedimentation (Grès d'Annot) in French Maritime Alps. Proc. IX Intern. Cong. Sediment., Nice, 129 p.
- STANLEY D.J. (1978). - Coarse sediment transport by mass-flow and turbidity current processes and down slope transformations in Annot Sandstone canyon-fan valley system. In : sedimentation in submarine canyons, fans and Trenches. STANLEY & KELLING éd. Dowden, Hutchison & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania, 359 p.
- STURANI C. (1962). - Il complesso sedimentario autoctono all'estremo nord occidentale del massiccio dell'Argentera (Alpi-Maritime). Mem. Ist. geol. Univ. Padova, XXII, Padoue, 206 p.
- STURANI C. (1963). - Couverture sédimentaire de l'Argentera-Mercantour dans le secteur compris entre les Barricates et Vinadio (Hte vallée de la Stura di Demonte, Italie). Trav. Lav. Géol. Univ. Grenoble, t. 39, pp. 83-124.
- STURANI C., LANTEAUME M. (1964). - Remarques diverses. In Réunion extraordinaire de la Société Géologique de France dans les Alpes. C.R.S.G.F., pp. 454-455.
- TEMPIER C. (1979). - Plis et chevauchements dans la couverture sédimentaire autochtone secondaire et tertiaire des Alpes-Maritimes. Relations avec le comportement disharmonique de la couverture. C.R.Acad.Sc., Paris, t. 288 (8 janvier 1979), série D, pp. 39-41.
- TESSIER M. (1979). - Caractères morphologiques du zircon de roches magmatiques alcalines et calco-alcalines de Corse. Implications pétrogénétiques. Thèse de doctorat de 3è cycle, Nice, 112 p.
- TOURE S. (1981). - Données nouvelles sur les formations détritiques de l'arc de Castellane, SE de la France (conglomérats tertiaires des synclinaux de St-Antonin, Barrême, Majastre). Pétrographie des galets de roches endogènes. Applications de la typologie du zircon accessoire. Approche paléogéographique. Thèse de doctorat de 3è cycle, Nice, 300 p.
- TOURE S., GIRAUD J.D., PUPIN J.P. (1981). - Contribution à l'étude des formations paléogènes subalpines : origine des galets et blocs de granites du synclinal de Saint-Antonin (Alpes-Maritimes). C.R.Acad.Sci., Paris, t. 293, série II, pp. 691-692.
- TRUMPY R. avec la coll. de BERNOUILLI D., GRUNENFELDER M., KOPPEL V., MULLER St., TROMMSDORFF V. (1980). - An outline of the geology of Switzerland. In "Geology of Switzerland", a guide-book", 26è cong. géol. int. Paris, éd. par Schweizerische Geologische Kommission Wepf & Co. Publishers Basel-New York.
- VASLET D. (1978). - Analyse structurale de la terminaison Sud-orientale du massif de l'Argentera-Mercantour dans la région de Viève et Tende. Thèse de doctorat de 3è cycle, Caen.

- VELLUTINI P. (1977). - Le magmatisme permien de la Corse du Nord-Ouest. Thèse de doctorat es Sciences Naturelles, Aix-Marseille III, 317 p.
- VISHER G.S. (1969). - Grain size distributions and depositional processes. Journal of Sedimentary Petrology, vol. 39, n° 3, p. 1074-1106.
- WALKER R.G. (1978). - Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans : models for exploration for stratigraphic traps. A.A.P.G. Bull., vol. 62, n°6, pp.932-966.
- WALKER R.G., MUTTI E. (1973). - Turbidite facies and facies associations. In G.V. Middleton and A.H. Bouma eds., Turbidites and deep-water sedimentation. SEPM Pacific Sec. Short Course, Anaheim, California, pp. 119-157.

BIBLIOGRAPHIE ADDITIONNELLE

- LOWE D.R. (1982). - Sediment gravity flows : II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. J. Sedim. Petrol., Tulsa Okla., vol. 52, pp. 280-297.
- SEYLER M. (1980). - Alcalinité et signification géodynamique des ortholeptynites du socle provençal d'après la valeur de leurs rapports $SiO_2-Al_2O_3-FeO+MnO$. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 290, série D, pp. 939-942.
- BOBBA M. (1982). - Geologia e sedimentologia dei "Grès d'Annot" affioranti nei dintorni del Lac d'Allos e della Cime de Cartaret (regione del col de la Cayolle). Thèse de l'Université de Turin.
- VALLINO U. (1982). - Geologia e sedimentologia dei "Grès d'Annot" affioranti nei valloni di Estrop e di Gialorgue (regione del col de la Cayolle). Thèse de l'Université de Turin.
- TASSE N. (1982). - Sédimentologie du Flysch à Helminthoïdes de la nappe du Parpaillon Embrunais-Ubaye, Hautes-Alpes (France). Thèse de Philosophie Doctor, Université Mc Gill (Québec).

CARTES CONSULTEES

Carte géologique de la France à 1/250 000

Feuille GAP NL 32-10 n° 35 : édition 1980 - Synthèse :
KERCKHOVE C.

Feuille NICE NK 32-1 n° 40 : édition 1979 - Synthèse : ROUIRE J.

Carte géologique détaillée de la France à 1/50 000

Feuille BARCELONNETTE XXXV - 39, n° 895 : édition 1974 -
Coordination : KERCKHOVE C.

Feuille LARCHE XXXVI - 39, n° 896 : édition 1978. Coordination:
GIDON M.

Feuille ALLOS XXXV - 40 : édition 1967. Coordination : GUBLER Y.

Feuille ST-ETIENNE-DE-TINEE XXXVI - 40 : éditions 1954, 1970.
FAURE-MURET A., FALLOT P., BORDET P., LEMOINE M.

Feuille MARTIGUES-MARSEILLE XXXI - 44-45, n° 1020-1043 :
édition 1977. Coordination : ROUIRE J.

Feuille ISTRES XXX - 44-45, n° 1019 : édition 1975. Coordination:
ROUIRE J.

ANNEXE I

RESULTATS DE L'ETUDE

DU NANNOPLANCTON CALCAIRE

DANS LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

Datations C. MÜLLER
I.F.P.

	Référence	AGE (zones à Nannoplancton)																		
		<i>Chiasmolithus camartensis</i>	<i>Coccolithus eopelagicus</i>	<i>Coccolithus pelagicus</i>	<i>Cribrocentrum reticulatum</i>	<i>Cyclacargolithus floridanus</i>	<i>Cyclococcolithus formosus</i>	<i>Dicycococcolithes dicydus</i>	<i>Discaster barbadensis</i>	<i>Discaster saipanensis</i>	<i>Ericsonia subdisticha</i>	<i>Helicosphera compacta</i>	<i>Helicosphera seminulum</i>	<i>Istimolithus recurvus</i>	<i>Lanternolithus minutus</i>	<i>Reticulofenestra insignata</i>	<i>Reticulofenestra umbilica</i>	<i>Sphenolithus moriformis</i>	<i>Sphenolithus predistentus</i>	
LAC D'ALLOS	Sommet	PT16 - PT19							●	●										Eocène supérieur NP 19/20
		PT11	●						●	●										" "
		PT7							●	●										" "
		PT1-PT2-PT3							●	●										" "
		GT4							●											Eocène supérieur
SANGUINIÈRE RESTEFOND		TC6	●	●										●	●					Eocène supérieur NP 18 au plus vieux
		TC0	●	●										●	●					Eocène supérieur
		AV3 - AV4	●	●	●									●	●					Eocène supérieur NP 19/20
		TR2	●	●										●	●					Eocène supérieur?
		TR1	●	●	●									●	●					Oligocène inférieur
		Braissotte 1	●	●										●	●					Eocène supérieur
		Moutière 2	●	●										●	●					Oligocène inférieur?
Les échantillons azoïques ne sont pas signalés.		Nannoplancton généralement peu abondant et assez mal conservé. Remaniements du Crétacé dans PT7 et Moutière 2																NP 18 --> début de l'Oligocène.		

ANNEXE 2

ANALYSE SEMI-QUANTITATIVE DES MINERAUX

PAR DIFFRACTION X

- Les diffractogrammes ont été réalisés à l'Institut Dolomieu à l'aide d'un appareil Philips à anticatode de cuivre et monochromateur de lithium.

- Analyses sur poudres non orientées, neutres. Granulométrie: 40 μ .
Minéraux présents : quartz, feldspaths potassiques, plagioclases, chlorite, illite (micas), calcite.

- Méthode de calcul des teneurs de chaque minéral à partir des diffractogrammes.

- . Choix des raies de réflexion pour chaque minéral (tableau I);
- . Mesure de la hauteur des pics choisis = H ;
- . Calcul des teneurs à partir de l'équation de BRINDLEY (1961) :

$$C = \frac{I}{I_{mp}} \times \frac{\mu_{ech}}{\mu} \quad \text{avec } I = H \times c$$

C = teneur du minéral dans le mélange ;
I = intensité du pic du minéral dans le mélange ;
I_{mp} = intensité du pic du minéral hors-mélange (étalon externe) ;
 μ_{ech} = coefficient d'absorption massique de l'échantillon ;
 μ = coefficient d'absorption massique du minéral étudié ;
H = hauteur du pic ;
c = coefficient de multiplication (cf. tableau I).

Calcul approché de μ_{ech} pour un mélange de n minéraux :
 $\mu_{ech} = (I/I_{mp})_1 \mu_1 + (I/I_{mp})_2 \mu_2 + \dots (I/I_{mp})_n \mu_n$

Minéral	I _{mp}	μ	Raie utilisée (10 ⁻¹ mm)	C
Quartz	100	35	3.34	14
Plagioclases	45	34	3.17-3.18	30
F.K.	30	49	3.25-3.28	50
Chlorite	14	≈100	14.1-14.2	100 ?
Illite	14	≈100	10	100
Calcite	70	94	3.03	20

Tableau I - Identification semi-quantitative par diffraction X des minéraux d'une poudre non orientée.

Remarque

Les teneurs en calcite ont été vérifiées par mesure au manocalcimètre.

BIBLIOGRAPHIE DIFFRACTION X

BRINDLEY G.W. (1961). - Quantitative analysis of clays mixtures. In :
BROWN : the X-ray identification and crystal structures of clay
minerals. Min. Soc., London, pp. 489-514.

SIKIRDJI L. (1982). - Etude sédimentologique et géotechnique des alluvions
déposées dans la retenue du Chambon après 45 ans d'exploitation.
Thèse 3è cycle, Grenoble.

ANNEXE 3
ANALYSES CHIMIQUES DE QUELQUES LAVES ACIDES
HERCYNiennes ET PERMO-TRIASIQUES

A L'AFFLEUREMENT OU EN GALETS

DANS LES ALPES-MARITIMES , EN PROVENCE ET EN CORSE

RHYOLITES DE L'ESTEREL

ECH.	A ₁	A ₂	A ₅₋₇	A ₁₁
SiO ₂	77.25	76.15	76.25	76.80
Al ₂ O ₃	9.55	10.95	11.10	12.35
Fe ₂ O ₃	4.30	3.33	1.68	1.23
FeO	0.65	0.42	0.45	0.55
MnO	0.05	tr.	--	0.01
MgO	0.25	0.10	0.26	0.30
CaO	0.45	0.03	0.39	0.01
Na ₂ O	1.35	0.87	1.16	1.70
K ₂ O	4.75	8.95	7.85	5.80
TiO ₂	0.20	0.50	0.13	0.20
P ₂ O ₅	tr.	tr.	--	0.05
H ₂ O ⁺	0.40	0.45	1.00	0.20
H ₂ O ⁻	0.25	0.25	--	--

2ème CYCLE CORSE PERMO-TRIAS
(rhyolite ignimbrétique du Cintu)

ECH.	1030	1073	1753
SiO ₂	75.49	79.42	76.35
Al ₂ O ₃	11.61	10.57	11.20
Fe ₂ O ₃	1.72	1.82	1.54
FeO	0.48	0.10	0.24
MgO	0.21	0.08	0.31
CaO	0.42	0.24	0.23
Na ₂ O	3.85	4.04	3.01
K ₂ O	4.84	2.95	5.15
P ₂ O ₅	0.04	0.01	0.02
Ti	0.21	0.20	0.08
MnO	0.01	0.06	0.03
H ₂ O ⁺	nd	nd	0.40
H ₂ O ⁻	nd	nd	0.08

1ER CYCLE CORSE (HERCYNIEU)

Réf.	1192	1725	805	668	688	679	682	689	681	684	530	1716
SiO ₂	73,94	71,80	72,28	73,20	72,90	74,80	72,55	74,95	75,25	75,15	74,72	76,00
Al ₂ O ₃	13,76	14,15	14,54	13,50	13,90	13,00	14,25	13,15	12,75	13,05	13,72	12,85
Fe ₂ O ₃	1,57	1,75	2,24	2,15	2,20	1,35	2,10	1,25	1,45	1,45	0,80	1,25
FeO	0,74	0,50	0,29	0,20	0,20	0,30	0,15	0,20	0,15	0,20	0,97	0,10
MgO	0,65	0,75	0,66	0,25	0,35	0,50	0,45	0,50	0,35	0,35	0,16	0,25
CaO	0,82	1,20	1,09	1,25	1,65	0,65	1,55	1,15	0,40	0,75	0,52	0,20
Na ₂ O	3,52	3,90	4,16	3,85	3,70	3,80	3,15	3,55	3,60	3,45	2,42	2,80
K ₂ O	4,19	4,35	3,90	4,40	3,95	4,75	4,25	4,10	4,75	4,05	6,30	5,25
P ₂ O ₅	0,15	0,09	0,10	0,10	0,10	0,05	0,10	0,05	0,15	0,05	0,12	0,05
Ti	0,22	0,28	0,25	0,10	0,20	0,10	0,20	0,15	0,20	0,15	0,21	0,19
MnO	0,05	0,08	0,05	0,10	0,05	-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,03
H ₂ O ⁺	nd	1,05	-	0,85	0,75	0,70	1,40	0,95	0,80	0,90	nd	0,95
H ₂ O ⁻	nd	0,10	-	-	-	0,05	0,05	0,05	0,10	0,05	nd	0,05
	Rhyolite ignimbrétique type Catanzana			Rhyolite ignimbrétique noire type Estremu		Ignimbrite rouge			Rhyolite ignimbrétique violette (Eltru)		Rhyolite de Bocca-Bassa	

RHYOLITES EN GALETS
DANS LES CONGLOMERATS NUMMULITIQUES DE ST ANTONIN

Réf.	S ₂ k	R5	PL129/4	G15	S17D ⁵
SiO ₂	75,60	76,80	77,10	73,70	76,60
Al ₂ O ₃	12,70	12,30	10,90	13,40	11,20
Fe ₂ O ₃	0,28	1,08	0,50	0,62	0,23
FeO	0,97	0,72	0,86	1,44	0,93
CaO	0,93	0,50	0,54	1,92	1,02
MgO	0,18	0,12	0,18	0,42	0,13
MnO	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces
Na ₂ O	3,54	2,90	2,79	3,26	5,23
K ₂ O	3,89	5,29	5,37	3,80	3,13
TiO ₂	0,14	0,10	0,14	0,41	0,13
P ₂ O ₅	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces
H ₂ O ⁺	0,68	0,90	0,74	0,30	0,46
H ₂ O ⁻	0,14	0,09	0,26	0,12	0,04
TOTAL	99,05	100,80	99,33	99,44	99,10
Monzorhyolites					

Réf.	SA30IIB	R ₃	S13c	SA30IIG	S1a
SiO ₂	77,60	74,70	75,80	75,50	76,50
Al ₂ O ₃	12,20	11,80	11,20	11,00	11,80
Fe ₂ O ₃	0,24	2,13	1,42	1,36	0,09
FeO	0,90	0,25	0,65	0,75	0,72
CaO	0,24	0,74	0,25	0,57	0,25
MgO	0,11	0,12	0,24	0,39	0,28
MnO	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces
Na ₂ O	3,65	2,34	2,05	2,47	0,87
K ₂ O	4,78	6,05	6,64	5,57	6,92
TiO ₂	0,06	0,30	0,22	0,22	0,71
P ₂ O ₅	0,05	0,03	0,09	0,10	0,06
H ₂ O ⁺	0,50	1,08	0,72	0,93	1,40
H ₂ O ⁻	0,12	0,15	0,32	0,26	0,30
TOTAL	100,45	99,69	99,60	99,12	99,90
Rhyolites alcalines					

ECH.	AR 1.7	AR 1.13	AR 1.10	AR 1.61	AR 1.11	AR 1.9	AR 1.8	AR 1.12
SiO2	69.79	77.06	82.48	93.79	61.39	68.86	73.03	89.60
Al2O3	13.52	11.91	11.30	.25	18.46	14.85	12.63	5.48
Fe2O3	3.32	2.14	.75	.33	6.36	3.45	1.72	.72
MnO	.06	.03	.01	.01	.03	.08	.05	.02
MgO	1.22	.35	.17	--	2.48	1.64	.79	.21
CaO	2.20	0.16	--	2.14	1.45	1.61	2.89	.29
Na2O	2.79	2.10	--	--	2.57	2.17	3.96	--
K2O	4.05	5.25	3.24	--	2.58	4.15	1.43	1.40
TiO2	.36	.17	.35	.38	.85	.37	.13	.09
P2O5	.13	--	.16	.04	.24	.16	.08	.03
P.F.	2.45	1.20	1.81	1.93	3.41	2.76	3.24	1.24
Total	99.89	100.36	100.26	98.87	99.83	100.11	100.00	99.06

Rhyolites en galets dans le Tertiaire des unités subalpines du Lac d'Allos et du Pelat (C. BIANC , thèse Grenoble, en cours).

52, 53: rhyolites sodiques du revers italien de l'Argentera . 54, 55: galets de rhyolite à la base du Tertiaire de l'unité du col de Tende. (A. GUILLAUME , 1967).

NOS	52	53	54	55
SiO2	74.69	73.55	70.50	71.00
TiO2	0.30	0.24	0.35	0.37
Al2O3	14.00	14.35	15.07	13.41
Fe2O3	0.99	0.92	0.45	1.37
MnO	1.00	1.04	0.50	0.26
MgO	0.03	0.02	0	0.58
CaO	0.62	0.51	2.95	0.34
Na2O	0.20	0.11	0.40	0.34
K2O	3.23	5.11	1.55	4.10
P2O5	2.84	2.60	3.35	5.50
CO2	0.07	0.11	0.15	0.04
H2O*			tr.	
H2O ⁻			2.30	
Perte au feu	1.76	0.48	0.30	1.71
Total	99.75	99.04	99.85	99.68

Rhyodacites du Mte Besimanda (début Permien)

Rhyolites s.s.

ulcanites permienes du Monte Besimanda

Rhyolites alcalines du Marguerets (21-43) et du Mte Vecchio (44-50)

NOS	6	7	8	1	2	3	4	19	20	21	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	48	49	50
SiO2	72.13	75.80	75.10	68.50	70.76	76.00	66.15	76.35	67.35	72.42	68.63	68.50	66.80	80.00	73.50	70.10	76.74	63.50	79.30	68.60	70.04	69.50	69.25	74.05	73.05	73.05	67.50
TiO2	0.21	0.20	0.15	0.61	0.62	0.20	0.45	0.50	0.75	0.11	0.40	0.60	0.75	0.18	0.50	0.86	0.37	1.00	0.25	0.50	0.51	0.65	0.46	0.34	0.33	0.65	
Al2O3	13.34	12.75	13.65	14.43	12.77	11.15	16.40	15.10	14.50	12.22	17.25	14.25	14.50	9.25	12.10	13.80	9.90	17.90	7.95	14.90	15.77	13.20	14.70	12.14	13.05	14.70	
Fe2O3	0.94	1.10	2.15	1.17	2.81	0.89	3.40	1.35	1.20	0.66	2.88	2.05	3.85	0.84	2.50	2.65	5.38	3.50	2.50	3.25	3.28	3.10	3.40	3.36	1.95	3.60	
MnO	1.98	1.00	0.35	2.73	0.09	1.13	1.80	1.60	2.00	0.62	0.45	0.60	0.20	0.27	0.45	0.35	0.65	0.40	0.15	0.30	0.65	0.40	0.30	0.22	0.50	0.30	
MgO	0.06	0.05	0.02	0.03	0.02	0.01	0.09	0.05	0.04	0.02	0.45	0.02	0.02	tr.	0.02	0	0.02	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	
CaO	0.13	0.40	0.80	1.82	2.43	0.37	2.10	2.50	1.55	1.65	0.55	3.15	0.70	0.23	1.20	1.00	1.23	0.80	0.50	0.80	0.87	2.10	0.90	0.01	0.14	1.05	
Na2O	3.87	4.00	2.44	2.44	0.16	0.30	1.55	1.20	1.15	0.70	0.40	0.50	0.80	0.25	0.55	0.52	0.10	0.50	0.50	0.70	0.21	0.40	1.40	0.10	0.85	0.40	
K2O	3.92	2.95	1.30	2.44	7.35	4.93	3.40	5.25	2.35	0.30	1.11	0.80	1.45	1.00	0.40	6.70	4.46	5.80	5.95	8.10	2.77	1.45	1.40	1.07	2.95	0.20	
P2O5	0.43	0.10	0.05	0.16	0.28	0.20	0.19	0.15	0.20	0.16	0.40	0.20	0.20	0.03	0.15	0.25	0	0.10	0.10	0.15	0.17	0.20	0.32	0.10	0.20	0.30	
CO2							tr.			0							0.45										
H2O*		1.15					3.10		2.50						1.40	tr.											
H2O ⁻					0.16		0.40		0.40	0.02					0												
Perte au feu	1.65			2.45		1.56					1.15	1.25	0.65	0.77	0		1.97	2.10	0	0.60	0.60	2.05	1.30	1.07	1.10	2.75	
Total	100.8	99.50	99.57	99.23	99.87	99.39	100.81	100.5	99.99	100.1	99.86	100.5	99.52	99.82	99.57	99.05	101.5	99.66	99.56	99.52	100.4	100.7	99.24	100.7	100.7	100.7	99.32

Analyses n° 1 à 55 in GUILLAUME (1967)

ECH.	Nb. Z étudiés	Nb. Z déter.	IA	IT	L			G	S																	SZ		V	V7								
					L2	L3	LS		G1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18			S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	SZ2
2	156	100	459	431	-	1	-	2	2	8	11	11	1	2	6	3	1	5	3	4	2	4	3	-	1	2	-	2	-	2	1	3	-	-	-	-	
9 T	154	100	386	491	-	-	-	-	-	6	2	1	1	7	7	5	3	2	4	7	5	3	2	-	4	5	5	-	-	-	3	3	-	-	-	1	
9 CA	?	47	504	530	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	3	2	-	1	2	3	1	-	1	4	4	-	-	-	3	2	-	-	-	-	
9 M	?	29	286	407	-	-	-	-	-	6	1	1	-	5	6	1	-	-	4	3	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	146	86	403	453	1	-	-	1	2	8	7	2	1	1	9	6	3	2	-	11	5	2	-	-	4	2	3	1	-	3	-	1	2	-	-	-	
AV7 T	94	60	444	480	-	-	1	-	-	6	2	2	2	2	5	-	-	2	-	8	-	1	1	-	1	3	1	2	-	-	1	-	1	-	-	-	
AV7 CA	20	19	575	525	-	-	17	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	
AV7 M	38	20	360	390	-	-	-	-	-	4	2	1	-	2	4	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
ZTR3 T	135	100	426	459	-	-	-	1	-	3	5	2	1	2	16	7	8	2	1	8	8	2	3	-	-	5	3	4	-	-	-	4	1	1	-	1	-
ZTR3 CA	33	32	541	498	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	3	2	-	-	1	2	2	-	-	2	2	4	-	-	-	3	1	-	-	-	
ZTR3 M	71	46	336	419	-	-	-	-	-	3	3	2	-	2	14	6	-	-	1	5	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	

ECH.	U											UY		P					J			N			K													
	U4	U10	U13	U14	U15	U17	U18	U19	U20	U23	U24	U25	UY18	UY19	P1	P2	P3	P4	P5	J4	N4	K	J	N	K	J	N	K										
2	-	-	-	-	-	-	3	1	-	1	-	-	-	3	5	4	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
9 T	-	1	-	2	3	-	2	5	1	-	3	1	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
9 CA	-	1	-	2	3	-	2	-	-	3	1	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9 M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	-	-	1	-	1	-	2	-	1	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AV7 T	1	-	1	1	-	-	1	-	2	2	1	1	1	2	-	4	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AV7 CA	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	1	1	1	1	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AV7 M	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZTR3 T	-	-	-	-	1	3	1	-	1	-	1	-	-	2	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZTR3 CA	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	2	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZTR3 M	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 2 - Fréquence des différents types et sous-types de zircons dans le matériel gréseux de la série Grès d'Annot ouest-Argentera. Dans les échantillons 9, ZTR3 et AV7 on a distingué la population totale (T) et les sous-populations :

- 1) magmatique calco-alcaline (C.A.),
- 2) migmatitique (M).

ECH.	Nb. Z étudiés	Nb. Z déter.	IA	IT	L		G	S																	SZ												
					L2	G1		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S22	S23	S24	S25	SZ2	SZ3	SZ8			
GIA1	126	100	422	433	1	2	3	8	10	2	1	3	10	8	2	1	-	5	3	1	2	-	1	5	4	3	1	2	2	1	-	1	-	-	-	-	
GIA2 T	128	100	389	426	-	-	6	14	7	1	5	2	8	9	4	-	2	3	6	1	1	-	3	4	2	2	-	-	3	2	1	-	1	-	-	-	-
GIA2 CA	25	24	520	533	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	1	-	-	-	1	-	1	-	-	2	1	2	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-
GIA2 M	70	57	330	365	-	-	5	13	6	1	2	2	8	8	2	-	2	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1

ECH.	U							UW		P			
	U2	U13	U17	U18	U19	U20	U24	U25	UW18	P1	P2	P3	P4
GIA1	1	1	1	2	-	1	1	-	-	3	3	3	1
GIA2 T	-	-	-	3	1	1	2	1	1	1	1	-	1
GIA2 CA	-	-	-	1	-	1	2	1	-	1	1	-	1
GIA2 M	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-

GIA1 = niveau inférieur de poudingue (col de Gialorgue)
 GIA2 = niveau supérieur de poudingue (lac de Gialorgue)

Tableau 3 : Fréquence des différents types et sous-types de zircons dans la matrice des poudingues de la série Grès d'Annot ouest-Argentera. Dans l'échantillon GIA2, on a distingué la population totale (T) et les sous-populations magmatique calco-alcaline (C.A.) et migmatitique (M).

ANNEXE 5

LOCALISATION PRECISE DES COUPES DETAILLEES

- SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

coupes de la planche hors-texte (HT 2)

N°	NOM DE LA COUPE	COORDONNEES LAMBERT				CARTE AU 25.000ème
		BASE		SOMMET		
		X	Y	X	Y	
1	PETITE TOUR	949.0	3222.6	949.0	3222.5	ENTRAUNE - COL DE LA CAYOLLE 3540 Est
2	MONT BERTRAND SUD	949.9	3221.4	949.9	3221.5	
3	MONT BERTRAND NORD	949.7	3221.9	949.8	3222.0	
4	MTGNE DE L'AVALANCHE SUD	950.6	3223.9	950.4	3223.9	
5	MTGNE DE L'AVALANCHE NORD	950.7	3224.2	950.4	3224.1	
6	CNE DE L'ESTROP	955.5	3223.2	955.8	3223.4	
7	COL DE GIALORGUE	957.3	3223.2	957.1	3223.9	
8	CIME DIEU DE DELFY SUD	957.7	3225.7	957.4	3226.0	
9	CIME DIEU DE DELFY NORD	957.5	3226.8	957.4	3226.6	
10	TETE RONDE	955.1	233.1	955.4	233.1	BARCELONNETTE 7-8
11	CIME DE LA BONETTE	955.6	233.6	955.8	233.8	
12	CNE DE CLAPOUSE	954.6	238.8	954.6	238.5	

- SERIE GRES D'ANNOT NORD-ARGENTERA

coupe de la figure 65

LAC DU LAUZANIER (rive droite)	961.4	240.6	962.2	242.0	LARCHE 1-2
-------------------------------------	-------	-------	-------	-------	------------

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1 - Localisation géographique du terrain étudié dans le cadre géologique des Alpes occidentales et le domaine des Grès d'Annot.....	8
2 - Les affleurements du Permien dans les Alpes-Maritimes, en Provence et en Corse.....	10
3 - Répartition actuelle des faciès du Jurassique provençal et dauphinois dans les Alpes-Maritimes.....	10
4 - Hypothèses sur le prolongement du dispositif mésozoïque plate-forme/bassin du domaine externe vers l'Est.....	12
5 - Reconstitution schématique de la Méditerranée nord-occidentale au Crétacé inférieur.	13
6 - Le domaine du paléogène marin des Alpes occidentales.....	14
7 - Géométrie de l'ouverture du bassin liguro-baléaire.....	15
8a- Structure schématique du socle et de la couverture au NW de l'Argentera.....	16
8b- Carte structurale de la couverture à l'W du massif de l'Argentera.....	17
9 - Schéma paléogéographique du domaine des Grès d'Annot - Modèle de STANLEY (1961).....	18
10 - Carte schématique résumant les directions d'apports détritiques grossiers dans les formations conglomératiques des synclinaux de St-Antonin et de Barrême - Modèle de BODELLE (1971).....	19
11 - Evolution paléogéographique du domaine des Grès d'Annot au cours du Paléogène - Modèle de CAMPREDON (1972), IVALDI (1973).....	20
12 - Formations détritiques d'origine corso-sarde.....	21
13 - Paléogéographie du domaine des Grès d'Annot - Modèle de STANLEY (1975).....	22
14 - Les affleurements de Grès d'Annot d'origine corso-sarde supposée.....	23
15 - Situation géographique et limites du terrain étudié.....	28
16 - Aspects de la série autochtone à l'W et au N de l'Argentera.....	30
17 - Le Priabonien carbonaté à l'W et au N de l'Argentera.....	32
18 - La série Grès d'Annot à l'W et au N de l'Argentera.....	34
19 - Schéma structural de la partie NW de l'Argentera.....	35
20 - Localisation des coupes dans la série Grès d'Annot ouest-Argentera.....	38
21 - Coupe de la Petite-Tour.....	40
22 - Corrélations dans la série Grès d'Annot des tours du lac d'Allos.....	41
23a- Série Grès d'Annot du Mont Bertrand.....	42
23b- Base de la série Grès d'Annot de la Tour orientale.....	43
24 - Contact en onlap des grès sur les calcschistes au Mt Bertrand.....	44
25 - La série Grès d'Annot du Mt Bertrand et de la Montagne de l'Avalanche.....	45
26 - La Tête de Gorgias.....	46
27 - Le massif de Sanguinière.....	46
28 - Coupe schématique.....	47
29 - Coupe schématique.....	47
30 - La série Grès d'Annot de la Cime Dieu de Delfy.....	48
31 - Coupe détaillée de la Cime Dieu de Delfy.....	49
32 - Coupe schématique.....	50
33 - "Coupe profil" de la crête du Bec de Marseille.....	51
34 - Corrélations des coupes dans la série Grès d'Annot du Verdon jusqu'à la Tinée.....	52
35 - Coupe schématique WE dans la partie sud du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera..	52
36 - Coupe de la Pointe-Giassin.....	53
37 - Ravinelements au contact Grès d'Annot - Schistes à blocs.....	54
38 - Corrélations des coupes dans la série Grès d'Annot de la Tinée jusqu'au Bachelard....	56
39 - Coupe schématique WE dans la partie N du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera....	56
40 - Coupe du verrou du Mélézet.....	58
41 - Corrélations des coupes dans la série Grès d'Annot de la Tête de Méric jusqu'au Nord du massif de Restefond	59
42 - Coupe schématique NS dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera	59

43 - Hypothèses sur l'origine des variations d'épaisseur des Calcschistes à Globigérines à l'W de l'Argentera.....	63
44 - L'anticlinal des Terres-Plaines.....	64
45 - Coupe schématique NNW-SSE dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.....	65
46 - Paléodépressions structurées au toit des Marnes Bleues.....	66-67
47 - Carte d'isopaques des Calcschistes à Globigérines au NW de l'Argentera.....	68
48 - Variations d'épaisseur de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.....	70
49 - Forme des bordures du bassin.....	72
50 - Carte des directions de courant dans la série Grès d'Annot ouest-Argentera.....	73
51 - Relations possibles entre les dépressions structurées au toit des Calcschistes dans le quart NW du bassin des Grès d'Annot.....	74
52 - Les poudingues à matrice grésopélitique.....	80
53 - Le faciès grésopélitique.....	82
54 - Les bancs de grès homogènes.....	82
55 - Les barres à granules.....	84-85
56 - Organisation séquentielle des séries Grès d'Annot des massifs des Trois Evêchés, du Grand-Coyer... Modèle de RAVENNE et CREMER.....	87
57 - Divers aspects de l'organisation séquentielle de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.....	89
58 - Organisation de la série Grès d'Annot du Grand-Coyer.....	91
59 - Passage Grès d'Annot-Schistes à blocs dans le vallon de Restefond.....	97
60 - Schistes à blocs en contact ravinant sur les grès au col de la Moutière.....	99
61 - Slumps dans les derniers bancs de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.....	100
62 - Récurrence de la sédimentation gréseuse à la Tête de Sanguinière.....	101
63 - Relations Grès d'Annot-Schistes à blocs.....	102
64 - Localisation de la coupe du lac du Lauzanier.....	106
65 - Coupe de la série Grès d'Annot du lac du Lauzanier.....	108
66 - Aspects de la série Grès d'Annot du lac du Lauzanier.....	109
67 - Détails de la coupe du Lauzanier.....	111
68 - Ravinements au contact Grès d'Annot-Schistes à blocs au Pié de Juin.....	112
69 - Le cône sous-marin profond nord-Argentera.....	114
70 - Les séries Grès d'Annot ouest et nord-Argentera. Sédimentologie, paléogéographie..	116
71 - Courbes granulométriques du matériel gréseux et silteux de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.....	126
72 - Courbes granulométriques en ordonnée de probabilité.....	127
73 - Pattern C = M.....	128
74 - Divers faciès de Grès d'Annot en lame mince.....	130
75 - Diagramme QFR (grès fins et silts).....	131
76 - Diagramme QFR (grès s.s.).....	132
77 - Localisations des stations choisies pour l'étude granulométrique et morphométrique des poudingues.....	138
78 - Courbes granulométriques des poudingues.....	138
79 - Matrice grésopélitique.....	140
80 - Modalités de mesure des paramètres morphométriques.....	142
81 - Courbes d'aplatissements, émoussé, dissymétrie des galets de quartz et de calcaire.....	144
82 - Diagrammes A = f (I).....	145
83 - Comptages pétrographiques des galets.....	146
84 - Courbes granulométriques des différentes classes pétrographiques de galets.....	147
85 - Calcaire nummulitique en galet (lame mince Ca5) dans les Grès d'Annot ouest-Argentera.....	153
86 - Limites d'extension vers l'Ouest des biozones A, B, C.....	153
87 - Les calcaires de plate-forme du Jurassique terminal et du Crétacé inférieur en galets.....	156
88 - Répartition des faciès du Crétacé inférieur dans la zone subalpine et en Provence.....	158

89 - Granite porphyroïde à biotite (lame LG 1) et granophyre (lame Vo 18) en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera.....	168
90 - Rhyolites (lames V o 16 et ZVo 1) en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera	171
91 - Répartition dans un diagramme QAP des roches acides grenues en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera. Comparaison avec les roches régionales.....	174
92 - Diagrammes géochimiques binaires.....	176
93 - Répartition dans un diagramme SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -FeO+MnO des roches volcaniques acides en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera	178
94 - Comparaison pétrographique du matériel endogène en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera avec les roches régionales.....	181
95 - Classification des zircons et distribution des principaux groupes de roches endogènes (migmatites et roches magmatiques acides) dans le diagramme I.A, I.T..	184
96 - Distribution typologique des populations de zircons des granites et des aplites en galets dans les Grès d'Annot ouest-Argentera.....	187
97 - Distribution typologique des populations de zircons des microgranites.....	188
98 - Distribution typologique des populations de zircons des rhyolites.....	189
99 - Distribution typologique des populations de zircons des Grès d'Annot ouest-Argentera.....	191
100 - Distribution typologique des populations de zircons de la matrice des conglomérats.....	192
101 - Répartition des points moyens des populations des roches magmatiques acides en galets dans le diagramme I.A., I.T.....	193
102 - Points moyens des populations de zircons dans les grès et la matrice des conglomérats.....	193
103 - Distribution des roches étudiées dans le diagramme I.A., I.T., comparaison avec les roches régionales.....	194
104 - Localisation des granites hercyniens corses typologiquement comparables à la part d'origine magmatique des Grès d'Annot ouest-Argentera.....	197
105 - Comparaison typologique du matériel gréseux et conglomératique de la série Grès d'Annot ouest-Argentera avec les roches régionales étudiées typologiquement.	199
106 - Conséquences paléogéographiques de la comparaison du matériel des Grès d'Annot ouest-Argentera avec celui des conglomérats de Saint-Antonin.....	203
107 - Essai de reconstitution paléogéographique partielle du bassin des Grès d'Annot...	211

TABLEAUX

A - Composition minéralogique des pélites brunes de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.....	129
B - Composition minéralogique des grès fins et des silts de la série Grès d'Annot ouest-Argentera.....	129
C - Composition minéralogique des grès s.s. de la série Grès d'Annot ouest-argentera...	130
D - Valeurs des indices d'aplatissement, d'émousé et de dissymétrie des galets de quartz et de calcaire des poudingues.....	143
E - Valeurs des indices morphométriques.....	145
F - Pourcentages des principaux types pétrographiques par classes granulométriques.....	146
G - Analyses chimiques des galets de rhyolites de la série Grès d'Annot étudiée.....	177
H - Comparaison pétrographique du matériel constitutif des grès et des poudingues.....	201

DOCUMENTS HORS-TEXTE

- 1 HT : carte schématique du Tertiaire des hautes vallées du Var,
de l'Ubaye et de la Tinée.
- 2 HT : coupes détaillées dans la série Grès d'Annot ouest-Argentera.

PLAN DETAILLE

RESUME	1
SOMMAIRE.....	5
<u>INTRODUCTION GENERALE.....</u>	7
I - Définition du sujet.....	7
II - Cadre géologique régional.....	9
A - Principaux ensembles structuraux.....	9
B - Aperçu de l'évolution paléogéographique régionale.....	9
1. Permien et Trias.....	10
2. Le dispositif mésozoïque.....	10
3. La transgression éocène et les flyschs nummulitiques.....	13
4. Les évènements post-éocènes.....	15
5. Le problème de l'autochtonie de la couverture sous les nappes.....	15
III - Evolution des connaissances sur les Grès d'Annot.....	16
A - Travaux antérieurs à 1961.....	16
B - Le schéma paléogéographique de STANLEY (1961).....	16
C - Travaux récents dans le cadre de la tectonique des plaques. Utilisation de nouvelles méthodes d'étude.....	21
D - Etudes récentes sur les Grès d'Annot en tant que série à turbidites.....	22
IV - Problèmes relatifs à la zone nord et au terrain étudié.....	23
V - But de l'étude.....	24

PREMIERE PARTIE - LES SERIES GRES D'ANNOT OUEST ET NORD-ARGENTERA DANS LEUR CADRE STRATIGRAPHIQUE ET TECTONIQUE REGIONAL

<u>INTRODUCTION.....</u>	27
I - Situation géographique et limites du terrain étudié.....	29
II - Le style tectonique.....	29
III - La série stratigraphique. Aperçu sur le Nummulitique à l'Ouest et au Nord de l'Argentera.....	29
A - Crétacé supérieur. Nummulitique carbonaté.....	31
B - Les Grès d'Annot.....	31
1. Ouest-Argentera, série à turbidites de Sanguinière-Restefond (et série des Terres-Plaines).....	31
2. Nord-Argentera, série à turbidites du Lauzanier.....	33
IV - Conclusion.....	33
<u>CHAPITRE 1 - COUPES DANS LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA.....</u>	37
I - Entre Verdon et Tinée : les affleurements du massif de Sanguinière s.l. Coupe WE dans la partie sud du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.....	39
A - Secteur du Lac d'Allos.....	39
1. Les Tours du Lac d'Allos. Coupe de la Petite Tour.....	39
2. Du Mont Bertrand à la Montagne de l'Avalanche. Etude du contact Calcschistes à Globigérines - Grès d'Annot.....	43
B - Les affleurements du massif de Sanguinière.....	46
1. La Tête de Gorgias.....	46
2. Coupe de la Cabane du Berger de l'Estrop.....	47
3. Coupe du col de Gialorgue.....	47
4. Coupe sud de la Cime Dieu de Delfy.....	48
5. Coupe nord de la Cime Dieu de Delfy.....	48

C - Le massif du Bec de Marseille.....	50
D - Conclusion à l'étude du massif de Sanguinière s.l.....	51
II - Entre Tinée et Bachelard. Les affleurements du massif de Restefond. Coupe E-W dans la partie nord du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.....	53
A - Secteur est : Bousieyas-St Dalmas le Sauvage (Tinée).....	53
B - Secteur central : les affleurements du col de la Moutière.....	55
1. Coupe de la Tête-Ronde.....	55
2. Coupe partielle de la Bonnette.....	55
C - Secteur ouest : le vallon de la Moutière, Bayasse (Bachelard) et le vallon de Sanguinière.....	55
D - Conclusion à l'étude du massif de Restefond.....	57
III - Du Sud de Sanguinière (Tête de Méric) au Nord de Restefond (cabane de Clapouse). Coupe SN dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.....	57
A - Mont Rougnous. Tête de Méric.....	57
B - Crêtes de la Reculaye.....	57
C - Les Terres-Plaines. La cabane de Clapouse.....	58
D - Conclusion à l'étude de la série de coupes SN.....	58
IV - Conclusion.....	60
CHAPITRE 2 - STRUCTURATION ET PHYSIOGRAPHIE DU BASSIN DES GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA.	61
I - Les variations d'épaisseur des Calcschistes à Globigérines. Hypothèses relatives au mode de structuration du bassin.....	63
A - Hypothèses.....	63
B - Observations. Interprétations.....	64
1. Au Nord du terrain : la série des Terres-Plaines.....	64
2. Coupe SSE-NNW dans le bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.....	64
3. Coupe W-E dans la partie sud du bassin.....	66
4. Dans les régions voisines : synclinal d'Annot, affleurements de Grand-Coyer et de la chaîne des Trois-Évêchés.....	66
C - Conclusion.....	69
II - La physiographie du bassin.....	69
A - Carte d'isopaques de la section Toit des Calcschistes à Globigérines. Niveaux-repères conglomératiques de la série Grès d'Annot.....	69
1. Modalités d'établissement.....	69
2. Problèmes de corrélation.....	71
3. Commentaires.....	71
B - Comparaison avec une carte de répartition des directions de courant.....	72
C - Dans les régions voisines.....	72
III - Conclusion.....	75
CHAPITRE 3 - ANALYSE DE LA SERIE A TURBIDITES GRES D'ANNOT DES MASSIFS DE SANGUINIÈRE ET DE RESTEFOND. ESSAI DE CARACTERISATION DU CONE SOUS-MARIN PROFOND OUEST-ARGENTERA.....	77
I - Introduction - Rappels.....	79
II - Les principaux faciès turbiditiques.....	79
A - Les poudingues à matrice grésopélimitique.....	79
B - Le faciès grésopélimitique.....	81
C - Les bancs de grès homogène.....	83
D - Les barres à granules.....	83
III - Signification des faciès turbiditiques. Organisation interne de la série Grès d'Annot ouest-Argentera. Brève revue des travaux antérieurs.....	86
A - Les travaux de STANLEY (1975, 1978).....	86
B - Les travaux de CREMER et RAVENNE (1981, 1983).....	88
1. Le problème des relations verticales entre les faciès.....	88
2. Le problème des variations latérales de faciès.....	88
a) pour RAVENNE et BEGHIN (1983).....	88
b) pour CREMER (1983).....	90

IV - Les principaux caractères du cône sous-marin profond ouest-Argentera.....	92
V - Conclusion.....	93
<u>CHAPITRE 4 - RELATIONS GRES D'ANNOT - "SCHISTES A BLOCS" A L'OUEST DE L'ARGENTERA.....</u>	95
I - Introduction.....	97
II - Modalité de passage Grès d'Annot - "Schistes à blocs".....	97
III - Géométrie du contact stratigraphique Grès d'Annot - Schistes à blocs - observations ponctuelles.....	98
IV - Géométrie du contact Grès d'Annot - "Schistes à blocs" à l'échelle du bassin des Grès d'Annot ouest-Argentera.....	101
V - Conclusion.....	103
<u>CHAPITRE 5 - LA SERIE GRES D'ANNOT NORD-ARGENTERA (COUPE DU LAC DU LAUZANIER).....</u>	105
I - Introduction.....	107
II - Description de la coupe du Lac du Lauzanier.....	107
A - Contact Calcschistes à Globigérines - Grès d'Annot.....	107
B - L'ensemble inférieur.....	107
C - L'ensemble supérieur.....	110
D - Le contact Grès d'Annot - Schistes à blocs.....	112
III - Interprétation - Les principaux caractères du cône sous-marin profond nord- Argentera.....	113
IV - Conclusion.....	113
<u>CONCLUSION.....</u>	115

DEUXIEME PARTIE

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE ET PETROGRAPHIE DU MATERIEL GRESEUX ET CONGLOMERATIQUE DE LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA

<u>INTRODUCTION.....</u>	121
<u>CHAPITRE 1 - SEDIMENTOLOGIE ET PETROGRAPHIE DU MATERIEL GRESEUX DE LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA.....</u>	123
I - Introduction.....	125
II - Etude granulométrique.....	125
III - Etude pétrographique.....	128
A - Pélites brunes.....	128
B - Grès fins et silts jaunes des turbidites fines.....	128
1. Texture en lame mince.....	128
2. Minéralogie.....	131
C - Grès s.s.....	131
1. Texture en lame mince.....	131
2. Minéralogie.....	131
3. Pétrographie des granules.....	132
4. Minéraux lourds.....	133
IV - Interprétation des résultats.....	134
<u>CHAPITRE 2 - SEDIMENTOLOGIE DES POUNDINGUES DE LA SERIE GRES D'ANNOT OUEST-ARGENTERA... </u>	137
I - Introduction.....	139
II - Etude granulométrique.....	139
III - Etude de la matrice grésopélitique en lame mince.....	139
IV - Morphométrie des galets.....	141
A - Mode opératoire.....	141
B - Les résultats.....	142
1. Aplatissement.....	142
2. Emoussé.....	142
3. Dissymétrie.....	142
C - Interprétation.....	147

V - Comptages pétrographiques.....	147
A - Mode opératoire.....	147
B - Les résultats.....	147
VI - Conclusion.....	148
<u>CHAPITRE 3 - PETROGRAPHIE DES ROCHES SEDIMENTAIRES EN GALETS DANS LES POUDINGUES.....</u>	<u>149</u>
I - Les roches détritiques (grès, calcaires gréseux).....	151
A - Description des principaux faciès.....	151
B - Comparaison avec les roches en galets dans les affleurements de Grès d'Annot voisins.....	152
II - Les calcaires.....	152
A - Les calcaires nummulitiques.....	152
1. Détermination des faunes. Stratigraphie.....	152
2. Recherche de l'origine des galets de Nummulitique.....	154
3. Comparaison avec les galets de calcaires à Nummulites des formations conglomératiques de Saint-Antonin.....	154
B - Les calcaires de plate-forme du Jurassique terminal et du Crétacé inférieur..	155
1. Faciès et stratigraphie.....	155
a) Les faciès grossiers.....	155
b) Les faciès fins.....	157
2. Origine possible.....	157
3. Comparaison avec les calcaires en galets dans les conglomérats des affleurements de Grès d'Annot voisins.....	159
C - Autres faciès calcaires.....	160
III - Conclusion.....	160
<u>CHAPITRE 4 - PETROGRAPHIE DES ROCHES ENDOGENES EN GALETS DANS LES POUDINGUES.....</u>	<u>163</u>
I - Les roches métamorphiques.....	165
A - Les gneiss.....	165
B - Les quartzites.....	165
C - Les mylonites.....	166
D - Comparaison avec les roches régionales.....	166
II - Les roches magmatiques.....	167
A - Les roches acides grenues.....	167
1. Granites.....	167
2. Aplites.....	169
B - Les microgranites.....	170
C - Les roches volcaniques acides.....	170
1. Rhyodacites.....	170
2. Rhyolites.....	172
D - Les roches basiques.....	173
E - Comparaison avec les roches magmatiques régionales.....	173
1. Roches plutoniques.....	173
2. Roches volcaniques.....	175
III - Conclusion.....	180
<u>CHAPITRE 5 - TYPOLOGIE DES ZIRCONS APPLIQUEE AUX ROCHES MAGMATIQUES DES POUDINGUES ET AU MATERIEL GRESEUX DE LA SERIE GRÈS D'ANNOT OUEST-ARGENTERA.....</u>	<u>183</u>
I - Introduction.....	185
II - Etude des populations de zircons dans les roches magmatiques acides des poudingues.....	186
A - Granites et aplites.....	186
B - Microgranites.....	186
C - Rhyolites, rhyodacites.....	188
III - Etude des populations de zircons dans les grès.....	190
IV - Etude des populations de zircons dans la matrice des poudingues.....	192
V - Comparaison avec les roches régionales.....	195
VI - Conclusion.....	198

Conclusion 2ème partie.....	201
CONCLUSION GENERALE.....	205
I - Principaux résultats relatifs aux Grès d'Annot du NW du massif de l'Argentera	205
II - Conséquences paléogéographiques à l'échelle du bassin des Grès d'Annot.....	210
III - Problèmes posés et perspectives de recherche.....	212
BIBLIOGRAPHIE	215
ANNEXE 1 :résultats de l'étude du nannoplancton calcaire dans la série Grès d'Annot ouest-Argentera.....	223
ANNEXE 2 :analyse semi-quantitative des minéraux par diffraction X.....	225
ANNEXE 3 :analyses chimiques de quelques laves hercyniennes et permo-triasiques à l'affleurement ou en galets dans les Alpes-Maritimes , en Provence et en Corse.....	227
ANNEXE 4 :fréquence des différents types et sous-types de zircons dans les roches étudiées.....	231
ANNEXE 5 :localisation précise des coupes détaillées.....	233
LISTE DES FIGURES.....	235
PLAN DETAILLE.....	239

DERNIERE PAGE D'UNE THESE

3È CYCLE, DOCTEUR INGÉNIEUR OU UNIVERSITÉ

Vu les dispositions de l'arrêté du 16 avril 1974,

Vu les rapports de M. Claude... KERCKHOVE.....

M. Jean Pierre... PUPIN.....

M. ^{elle}..... SYLVIE... JEAN..... est autorisé

à présenter une thèse en vue de l'obtention du grade de DOCTEUR de l'U.S.M.G.

M. ou Fran... Géologie... Appliquée.....

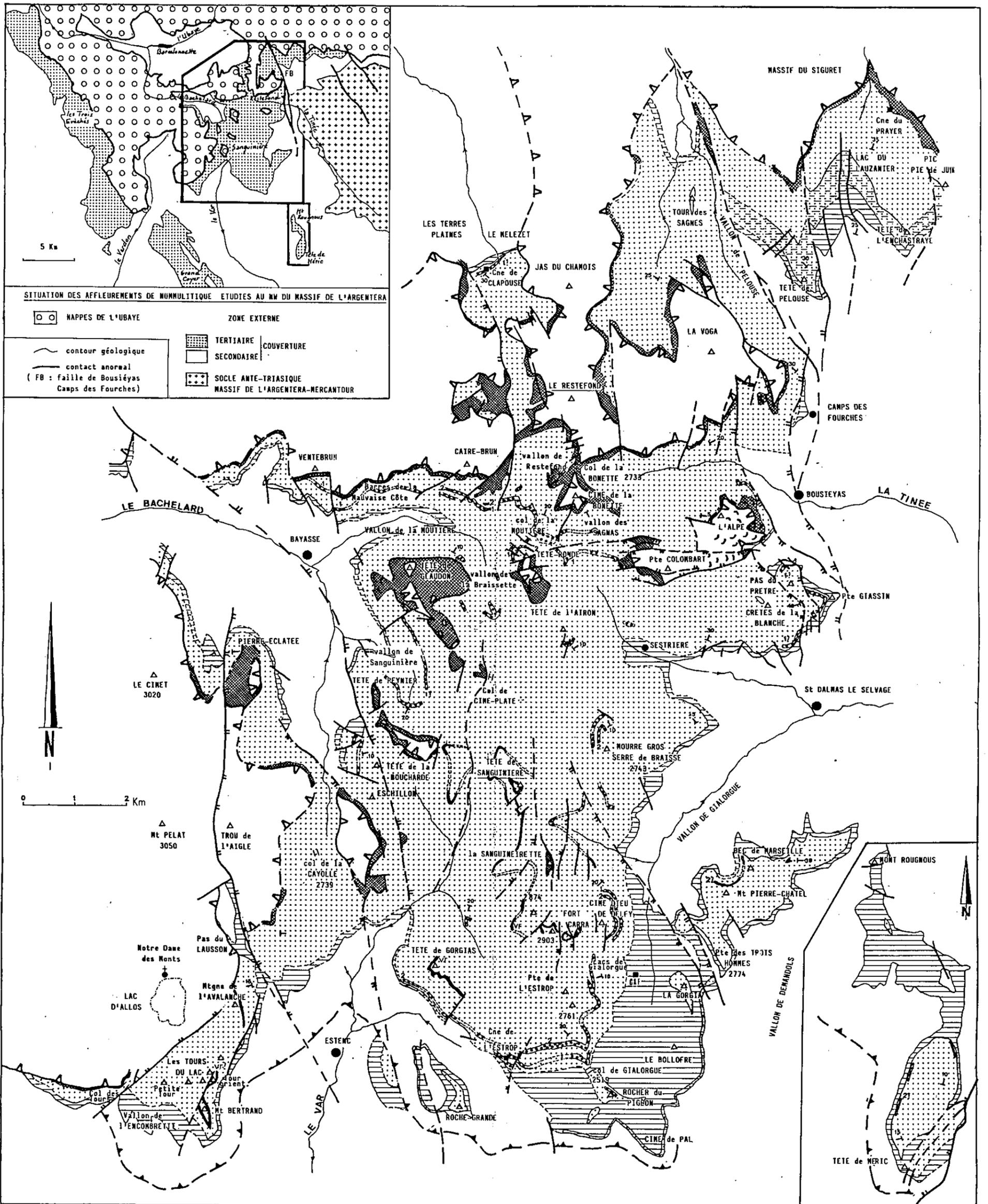
Grenoble, le 28 MARS 1985

Le Président de l'Université Scientifique
et Médicale

M. TANCHE

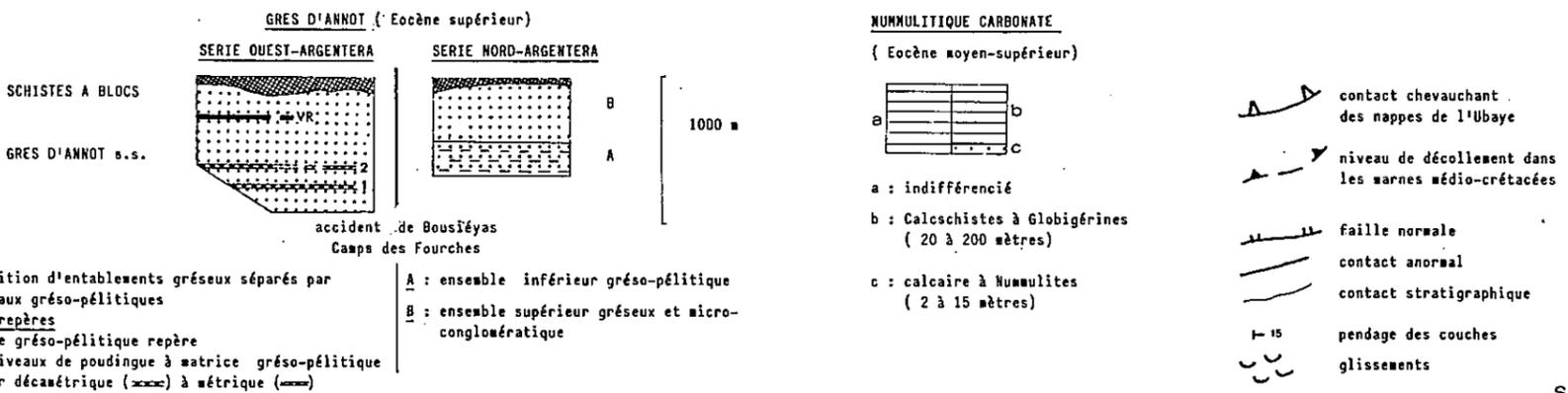


Tanche



1 HT
CARTE SCHEMATIQUE DU TERTIAIRE DES HAUTES VALLEES DU VAR, DE L'UBAYE ET DE LA TINEE

D'après les cartes à 1/50.000
 Barcelonnette, Allos, Larche



THESE de l'USMG
mention Géologie appliquée

Titre de l'ouvrage :

**LES GRÈS D'ANNOT AU N.W. DU MASSIF DE
L'ARGENTERA-MERCANTOUR**
(zone subalpine méridionale des Alpes occidentales françaises)
SÉDIMENTOLOGIE - PALÉOGÉOGRAPHIE

Nom de l'auteur : Sylvie JEAN

Établissement : Université Scientifique et Médicale de Grenoble

RÉSUMÉ

L'analyse sédimentologique des Grès d'Annot affleurant au NW du massif de l'Argentera-Mercantour amène à distinguer deux domaines de sédimentation actuellement séparés par la faille du Camps des Fourches.

Chaque domaine correspond à un cône sous-marin profond avec des directions d'alimentation en provenance du SE.

Le cône ouest-Argentera constitue le remplissage d'une dépression étroite structurée en grande partie pendant le dépôt des Calcschistes à Globigérines. Le cône nord-Argentera s'est développé par progradation dans un bassin ouvert.

Dans les deux domaines, la complexité des relations Grès d'Annot - Schistes à blocs traduit un changement brutal de la paléogéographie lié au soulèvement des Alpes internes.

L'étude pétrographique et la typologie des zircons des grès et des conglomérats de la série ouest-Argentera révèlent le caractère corso-sarde de ce matériel dont la patrie d'origine est probablement à rechercher dans les prolongements orientaux de ce massif (ou dans la partie sud du domaine des « cordillères nummulitiques »). Les sources d'apport proposées jusqu'ici par divers auteurs sont donc remises en question : Argentera (socle et couverture), Maures-Estérel, Flysch à Helminthoïdes, ...

Ces résultats s'accordent assez bien avec une position originelle plus orientale des séries étudiées et permettent de proposer un schéma paléogéographique de l'ensemble du domaine des Grès d'Annot au Nummulitique.

MOTS-CLÉS

Turbidites ; Cône sous-marin profond ; Déformations synsédimentaires ; Typologie des zircons ; Sédimentologie ; Paléogéographie ; Grès d'Annot ; Nummulitique ; Zone subalpine méridionale ; Alpes franco-italiennes.

6 MAI 1985

UNIVERSITE DE GRENOBLE I
INSTITUT DE GEOLOGIE
DOCUMENTATION
RUE MAURICE-GIGNOUX
E 38031 GRENOBLE CEDEX
TEL. (076) 87.46.42