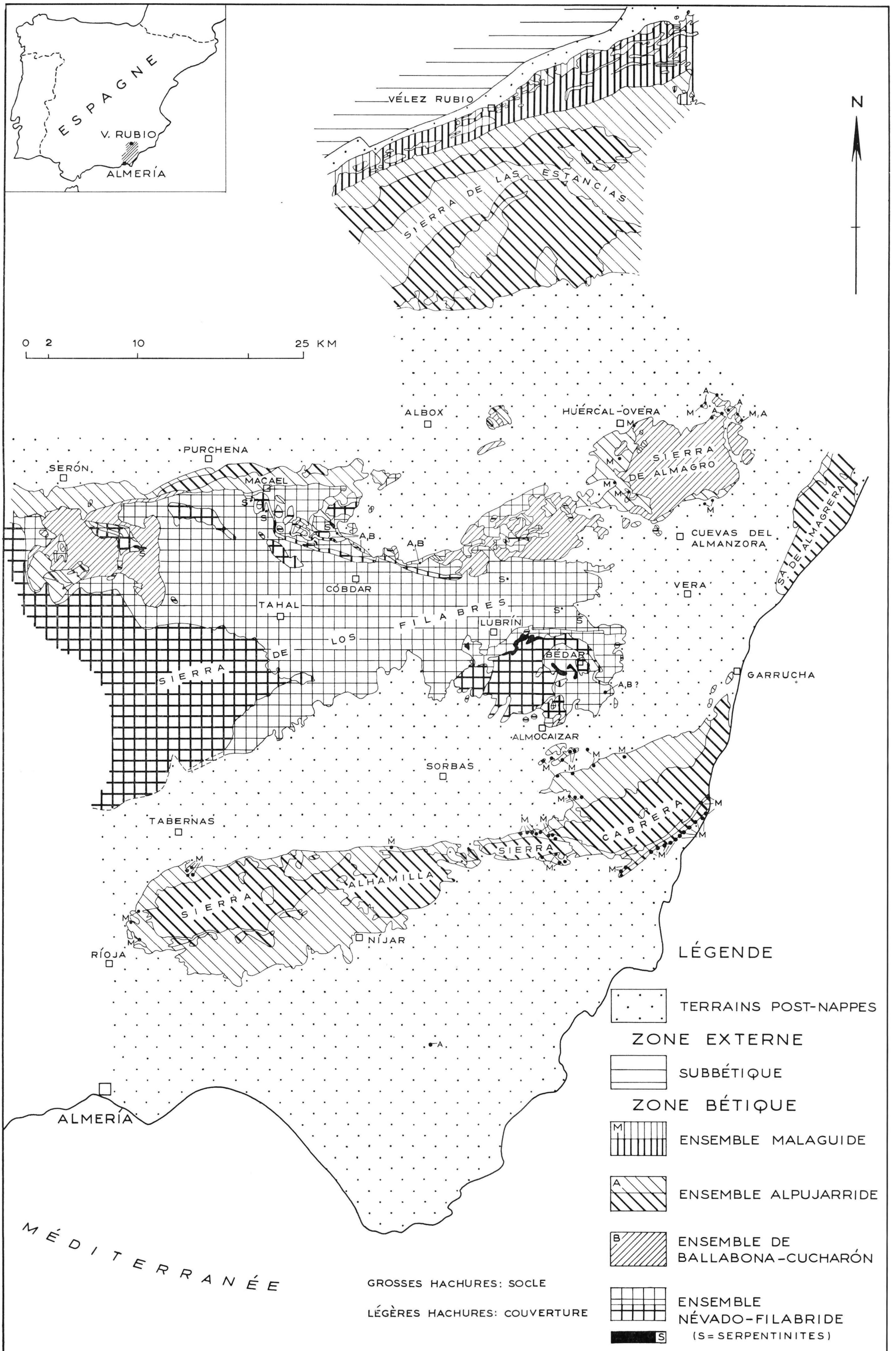


CARTE TECTONIQUE DE LA ZONE BÉTIQUE ENTRE ALMERÍA ET VÉLEZ RUBIO



C.S.G. Nº 308-17-5-68. REALIZADO DE ACUERDO CON LA COMISIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA.

Table I. Carte tectonique de la Zone Bétique entre Almería et Vélez Rubio. D'après les données de BICKER (1966); HELMERS & VOET (1967); LEINE (1966); NIJHUIS (1964b); ROEP & MACGILLAVRY (1962); RONDEEL (1965); SIMON (1963); VOET (1967); VÖLK (1967a); DE VRIES & ZWAAN (1967); ZECK (1968) et des rapports internes des membres de l'équipe de l'Institut Géologique de l'Université d'Amsterdam.

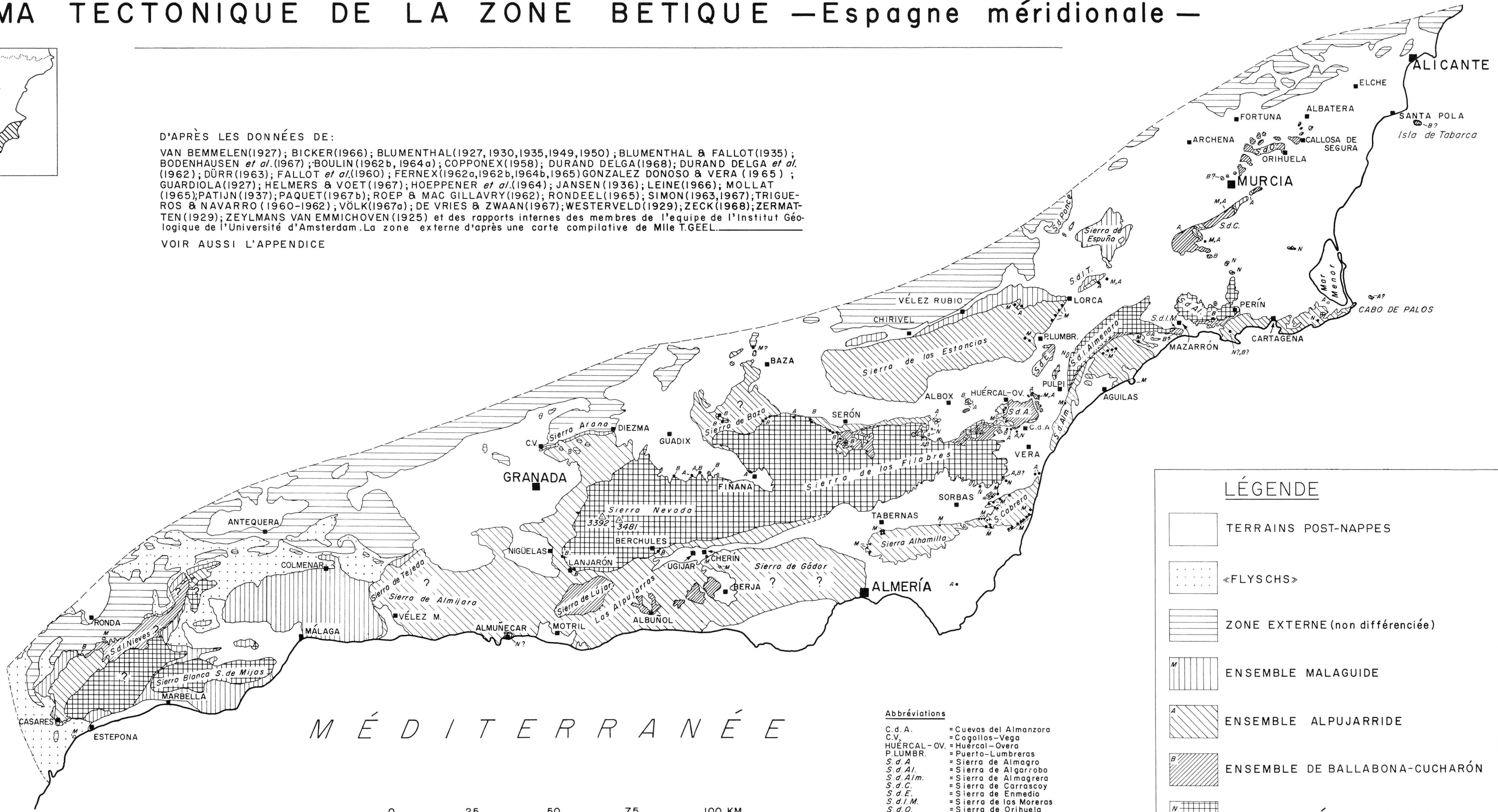
SCHÉMA TECTONIQUE DE LA ZONE BÉTIQUE — Espagne méridionale —



D'APRÈS LES DONNÉES DE:

VAN BEMMELEN(1927); BICKER(1966); BLUMENTHAL(1927, 1930, 1935, 1949, 1950); BLUMENTHAL & FALLOT(1935); BODENHAUSEN *et al.* (1967); BOULIN(1962b, 1964a); COPPONEX(1958); DURAND DELGA(1968); DURAND DELGA *et al.* (1962); DÜRR(1963); FALLOT *et al.* (1960); FERNEX(1962a, 1962b, 1964b, 1965) GONZALEZ DONOSO & VERA (1965); GUARDIOLA(1927); HELMERS & VOET(1967); HOEPPENER *et al.* (1964); JANSEN(1936); LEINE(1966); MOLLAT (1965); PATIJN(1937); PAQUET(1967b); ROEP & MAC GILLAVRY(1962); RONDEEL(1965); SIMON(1963, 1967); TRIGUEROS & NAVARRO (1960-1962); VÖLK(1967a); DE VRIES & ZWAAN(1967); WESTERVELD(1929); ZECK(1968); ZERMAT- TEN(1929); ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN(1925) et des rapports internes des membres de l'équipe de l'Institut Géologique de l'Université d'Amsterdam. La zone externe d'après une carte compilative de Mlle T.GEEL.

VOIR AUSSI L'APPENDICE

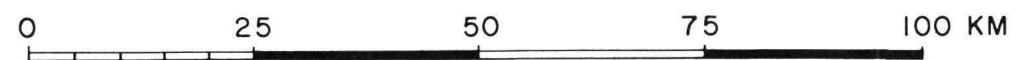


LÉGENDE

- TERRAINS POST-NAPPES
- «FLYSCHS»
- ZONE EXTERNE (non différenciée)
- ENSEMBLE MALAGUIDE
- ENSEMBLE ALPUJARRIDE
- ENSEMBLE DE BALLABONA-CUCHARÓN
- ENSEMBLE NÉVADO-FILABRIDE

Abbreviations

- C. d. A. = Cuevas del Almanzora
- C.V. = Cogollos-Vega
- HUÉRCAL-OV. = Huércal-Overa
- P.LUMBR. = Puerto-Lumbreras
- S. d. A. = Sierra de Almagro
- S. d. Al. = Sierra de Algarrobo
- S. d. Alm. = Sierra de Almagrera
- S. d. C. = Sierra de Carrascoy
- S. d. E. = Sierra de Enmedio
- S. d. I. M. = Sierra de las Moreras
- S. d. O. = Sierra de Orihuela
- S. d. I. T. = Sierra de la Tercia
- VÉLEZ M. = Vélez Málaga



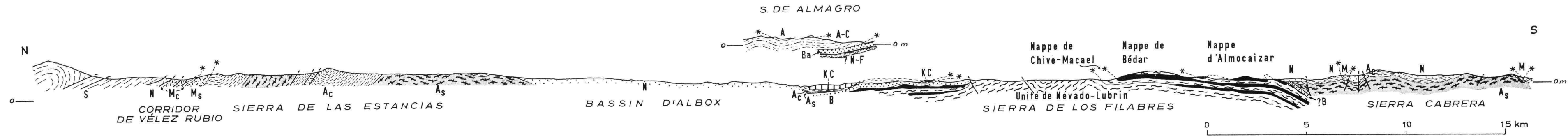


Table III. Coupe semi-schématique à travers la Zone Bétique selon la transversale de la Sierra Cabrera - Sierra de los Filabres - Sierra de las Estancias.

N: terrains post-nappes; S: Subbétique; KC: klippe complexes, comportant des éléments des ensembles névado-filabride, de Ballabona-Cucharón et alpujarride; M: l'ensemble malaguide, M_s: socle, M_c: couverture; A: l'ensemble alpujarride, A_s: socle, A_c: couverture; B: l'ensemble de Ballabona-Cucharón (A-C: nappe d'Almagro-Cucharón et Ba: nappe de Ballabona dans la Sierra de Almagro). Dans l'ensemble névado-filabride on peut distinguer, de bas en haut: l'unité de Nevado-Lubrin (seulement la couverture indiquée), la nappe de Chive-Macael, la nappe de Bédar et la nappe d'Almocaizar. En noir: socle; traits ondulés: couverture; ? N-F: position possible de l'ensemble névado-filabride dans la Sierra de Almagro.

VERHANDELINGEN DER KONINKLIJKE NEDERLANDSE
AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN, AFD. NATUURKUNDE
EERSTE REEKS - DEEL XXV, No. 3

Sur la Tectonique de la Zone Bétique
(Cordillères Bétiques, Espagne)

Étude basée sur les recherches dans le secteur compris
entre Almería et Vélez Rubio

C. G. EGELER et O. J. SIMON

NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY
AMSTERDAM - LONDON - 1969

LIBRARY OF CONGRESS
CATALOGUE CARD NUMBER 69-18941

Institut Géologique de l'Université d'Amsterdam

130 Nieuwe Prinsengracht

AANGEBODEN: SEPTEMBER 1968
AANVAARD: OKTOBER 1968
GEPUBLICEERD: MEI 1969

TABLE DES MATIÈRES

SUMMARY	5
RESUMEN	7
RÉSUMÉ	9
AVANT-PROPOS	11
CHAPITRE I — SITUATION GÉOLOGIQUE	15
CHAPITRE II — HISTORIQUE	17
CHAPITRE III — LES PRINCIPALES UNITÉS STRUCTURALES DANS LE SECTEUR SUD-EST DE LA ZONE BÉTIQUE . .	23
L'ENSEMBLE NÉVADO-FILABRIDE	25
L'ENSEMBLE DE BALLABONA-CUCHARÓN	32
L'ENSEMBLE ALPUJARRIDE	38
L'ENSEMBLE MALAGUIDE	41
CHAPITRE IV — RÉSULTATS DES RECHERCHES CONTEMPORAI- NES AILLEURS DANS LA ZONE BÉTIQUE; TEN- TATIVE DE CORRÉLATION	50
<i>La région entre Ronda et Málaga</i>	50
<i>La région entre Málaga et Almería</i>	53
<i>La partie Nord-Ouest de la Sierra Nevada et les régions limitrophes</i>	55
<i>La région entre Lorca et Aguilas</i>	57
<i>La Sierra de Espuña et les régions limitrophes</i>	60
<i>La région entre Mazarrón et Cabo de Palos</i>	61
CHAPITRE V — ÉVOLUTION TECTONIQUE	63
OROGÉNÈSE ET MÉTAMORPHISME PRÉ-ALPINS	63
OROGÉNÈSE ET MÉTAMORPHISME ALPINS	64
Mouvements de nappes	64
<i>L'empilement de nappes</i>	64
<i>Direction des mouvements de nappes</i>	67
<i>L'âge des mouvements de nappes</i>	70
Mouvements post-nappes	73
Métamorphisme alpin	79
APPENDICE — COMMENTAIRE AU SCHÉMA TECTONIQUE DE LA ZONE BÉTIQUE.	81
BIBLIOGRAPHIE	82

SUMMARY

An interpretation of the structure of the Betic Zone is given, based upon the results of investigations carried out since 1958 by members of a team from the University of Amsterdam in the eastern part of the Betic Cordilleras of southern Spain. The Betic Zone represents the internal part of this Alpine orogene, and is characterized by an impressive nappe-structure. In contrast with current usage the various structural units are grouped into four superimposed tectonic complexes, *viz.* (from below to above): (1) the Nevado-Filabride complex, (2) the Ballabona-Cucharón complex, (3) the Alpujarride complex, and (4) the Malaguide complex. The distinction of the Ballabona-Cucharón complex as a major tectonic element throughout the Cordilleras has not been made before. This complex embraces a number of related units which have in the past been interpreted in different ways, though they were for the greater part assigned to the Alpujarride complex, mainly on account of analogy in the degree of Alpine metamorphism of the constituent rock series. However, their lithostratigraphy differs markedly from that considered to be "typically Alpujarride", showing affinity to that of the units of the Nevado-Filabride complex. The rocks of the latter have, however, suffered a considerably higher degree of Alpine metamorphism.

The stratigraphy and the regional structure of the four complexes are discussed, based upon the results obtained in the investigated part of the Betic Zone. An attempt is made to establish the regional extension of the principal units over the entire mountain range, with the help of the results of recent studies by other investigators. This leads to the tectonic sketch-map of table II.

The complex character of the Alpine orogeny is emphasized and the relation between the various tectonic phases and the metamorphism is discussed. At least two early phases appear to have led to formation of nappes. A relation is assumed between the kinematic metamorphism of Alpine age and an "initial pile of nappes" formed during the older of these phases. Discontinuities in the degree of metamorphism at the contacts of successive units within the present pile of nappes are attributed to movements during the later of these main phases. These translations appear to have taken place mainly along initial tectonic contacts. They caused strong tectonic reduction. Structural elements of the "initial pile of nappes", or parts of these, seem to have "lagged behind". It is suggested that the Ballabona nappe represents part of the cover of a basement-nappe of the "initial pile of nappes" that was stripped off during the later translations. The pattern of nappes now represented in the Betic Zone, would appear to result mainly from the younger of the main orogenic phases.

The problem of the direction in which the major overthrust movements

took place is discussed. The hypothesis of northward-directed thrusting — based upon a palaeogeographic order of succession (from north to south): Nevado-Filabride realm — Ballabona-Cucharón realm — Alpujarride realm — Malaguide realm — is held to be the most plausible, in view of the ideas developed on the evolution of the nappes, for which “freedom of movement” is indispensable.

The present structure of the Betic Zone reflects the important role of post-nappe movements. In this connection one may mention: (1) the northward-directed overthrust folding that has given rise, in the northern part of the Sierra de los Filabres, to conspicuous “abnormal” tectonic successions, and (2) the southward-directed folding and imbrication which is evidenced *inter alia* in the region of the Sierra de las Estancias.

The age of the various orogenic phases is discussed. The description of the tectonic complexes is preceded by an historical review. In this the authors have restricted themselves mainly to a discussion of the classic conceptions of BROUWER, BLUMENTHAL, FALLOT and STAUR.

RESUMEN

En el presente artículo se da a conocer una interpretación de la Zona Bética. Esta interpretación se basa en los resultados de las investigaciones llevadas a cabo desde 1958 por miembros del equipo de la Universidad de Amsterdam, en la parte oriental de las Cordilleras Béticas.

La Zona Bética constituye la parte interna de esta orógeno alpídico y está caracterizada por una impresionante estructura de mantos de corrimiento.

Contrariamente a la costumbre, las diversas unidades estructurales de esta zona han sido agrupadas en cuatro grandes complejos o conjuntos superpuestos, que son, de abajo arriba: (1) el nevado-filábride; (2) el de Ballabona-Cucharón; (3) el alpujárride; y (4) el maláguide.

La distinción del complejo (2), como unidad principal individualizada a lo largo de las Cordilleras, se hace aquí por vez primera. Este complejo comprende un cierto número de unidades que, hasta ahora, habían sido interpretadas de modo diverso; si bien en su mayor parte habían sido atribuidas al complejo alpujárride, debido sobre todo, a la analogía del grado de metamorfismo que afectó los materiales respectivos. Ahora bien, desde el punto de vista litoestratigráfico los elementos del complejo de Ballabona-Cucharón difieren netamente de los del «típicamente alpujárride», y muestran afinidades con las unidades nevado-filábrides, cuyos materiales, sin embargo, fueron afectados por el metamorfismo alpino en un grado considerablemente más alto.

Es discutida la estratigrafía y la estructura regional de los cuatro complejos en la parte de la Zona Bética objeto de las referidas investigaciones. Luego, se intenta establecer la distribución y extensión regional de las principales unidades en el conjunto de las Cordilleras Béticas, con ayuda de los resultados de investigaciones llevadas a cabo por otros autores en otras partes de la Zona Bética. Así se ha formado el mapa tectónico esquemático de la lámina II.

Los autores ponen de relieve la complejidad de la evolución tectónica en la orogénesis alpina, y discuten las relaciones entre las diversas fases tectónicas y metamorfismo.

Por lo menos dos fases principales parecen haber originado mantos de corrimiento. Se supone una relación entre el metamorfismo cinético de edad alpina y la «pila inicial de mantos» originada durante la más antigua de dichas fases. Las discontinuidades en el grado de metamorfismo en los contactos entre unidades sucesivas de la actual pila de mantos son atribuidas a movimientos ocurridos durante la última de dichas fases principales. Estas traslaciones, que parecen haberse producido sobre todo a lo largo de las superficies de corrimiento de la «pila inicial de mantos», han causado fuertes reducciones tectónicas de las series afectadas. Además,

elementos estructurales de dicha «pila inicial», o partes de la misma, parecen haberse quedado atrás. Se sugiere que el manto de Ballabona representa una parte de la cobertera de un manto de zócalo de la referida «pila inicial», que fué despegada durante las últimas traslaciones. El dispositivo de los mantos de la Zona Bética, tal como se presenta en la actualidad, parece haber sido formado, en gran parte, en la más reciente de las dos fases orogénicas principales.

Se discute la cuestión de la dirección que tuvieron los movimientos de tralación principales. La hipótesis de corrimientos hacia el N. es considerada como más plausible, a partir de las ideas obtenidas sobre la evolución de los mantos, para la cual es indispensable una «libertad de movimiento». La disposición paleogeográfica de los complejos de la Zona Bética sería así, de N. a S., la siguiente: nevado-filábride — Ballabona-Cucharón — alpujárride — maláguide.

La estructura actual de la Zona Bética refleja también la importancia del papel ejercido por los movimientos posteriores a la formación de la estructura en mantos de corrimiento. A este respecto se deben mencionar: 1° los cabalgamientos dirigidos hacia el N. que han producido llamativas sucesiones tectónicas «anormales» en la parte N. de la Sierra de los Filabres; y 2°, el plegamiento e imbricaciones dirigidos hacia el S., que se manifiestan en el sector de la Sierra de las Estancias.

Se discuten también las edades de las diversas fases orogénicas.

La descripción de los grandes complejos tectónicos va precedida de una revisión de los antecedentes. Los autores se han limitado principalmente a la discusión de las interpretaciones clásicas de BROUWER, BLUMENTHAL, FALLOT y STAUB.

RÉSUMÉ

Le présent article donne une interprétation des principaux résultats concernant la structure de la Zone Bétique. Cette interprétation est basée sur les investigations effectuées, depuis 1958, dans la partie orientale des Cordillères Bétiques par les membres de l'équipe de l'Université d'Amsterdam.

La Zone Bétique représente la partie interne de cette orogène alpine et est caractérisée par une structure de nappes impressionnante.

Contrairement à l'usage courant, les diverses unités structurales ont été rangées dans quatre grands ensembles tectoniques superposés, à savoir (de bas en haut): (1) l'ensemble névado-filabride, (2) l'ensemble de Ballabona-Cucharón, (3) l'ensemble alpujarride, et (4) l'ensemble malaguide. La distinction du complexe provisoirement appelé ensemble de Ballabona-Cucharón est nouvelle. On y a groupé un certain nombre d'unités qui, jusqu'à présent, avaient été interprétées de diverses façons, et rangées en grande partie dans l'ensemble alpujarride en raison surtout de l'analogie du degré de métamorphisme alpin qui a affecté ces séries. Toutefois leur développement lithostratigraphique s'écarte nettement de celui « typiquement alpujarride » et montre une affinité avec celui des unités de l'ensemble névado-filabride, dont les séries ont cependant subi un métamorphisme alpin nettement plus poussé.

On discute la stratigraphie et la structure des divers ensembles dans le secteur étudié de la Zone Bétique. Puis l'on s'est efforcé, à l'aide des résultats des récentes investigations d'autres chercheurs, ailleurs dans la Zone Bétique, de repérer l'extension régionale des principales unités structurales. Le résultat est donné dans la carte tectonique schématique de la table II.

Le caractère complexe de l'évolution tectonique durant l'orogénèse alpine est souligné et la relation entre les diverses phases orogéniques et le métamorphisme est traitée. Deux phases principales au moins ont apparemment donné lieu à la formation de nappes. Un rapport est supposé entre le métamorphisme cinématique alpin et une « pile de nappes initiale » hypothétique, née au cours de la plus ancienne de ces phases. La discontinuité de l'intensité de ce métamorphisme, aux contacts anormaux entre des grands ensembles tectoniques dans la pile de nappes actuelle, résulte des mouvements liés à la plus récente des phases principales. Ces translations, qui ont eu lieu apparemment surtout le long des contacts initiaux de nappes, étaient responsables d'une forte réduction de certaines unités. Par surcroît des éléments structuraux de la « pile de nappes initiale », ou des parties de celle-ci semblent être « restés en arrière ». La nappe de Ballabona représenterait une partie de la couverture d'une nappe de socle de la « pile de nappes initiale », décollée au cours des

translations susdites. L'édifice de nappes de la Zone Bétique, tel qu'on le trouve maintenant, est apparemment modelé en grande partie par la phase principale plus récente de l'orogénèse.

Le problème de la direction dans laquelle les grands charriages se sont produits forme aussi l'objet de discussion. A cet égard l'hypothèse de mouvements dirigés vers le Nord, fondée sur une disposition paléogéographique Nord → Sud: domaine névado-filabride – domaine de Ballabona-Cucharón – domaine alpujarride – domaine malaguide, est estimée la plus plausible. Une telle disposition présente le grand avantage d'un « espace de libre jeu », condition indispensable à notre conception regardant le développement de l'édifice de nappes.

Les mouvements post-nappes ont joué un rôle important dans la réalisation de l'actuelle structure de la Zone Bétique. Comme exemples on peut citer: (1) les chevauchements dirigés vers le Nord qui ont donné lieu, dans la partie septentrionale de la Sierra de los Filabres, à des successions tectoniques « anormales », et (2) le plissement et l'imbrication dirigés vers le Sud (rétrocaillage), qui se manifestent plus vers le Nord, dans la région de la Sierra de las Estancias.

L'âge des phases orogéniques est discuté.

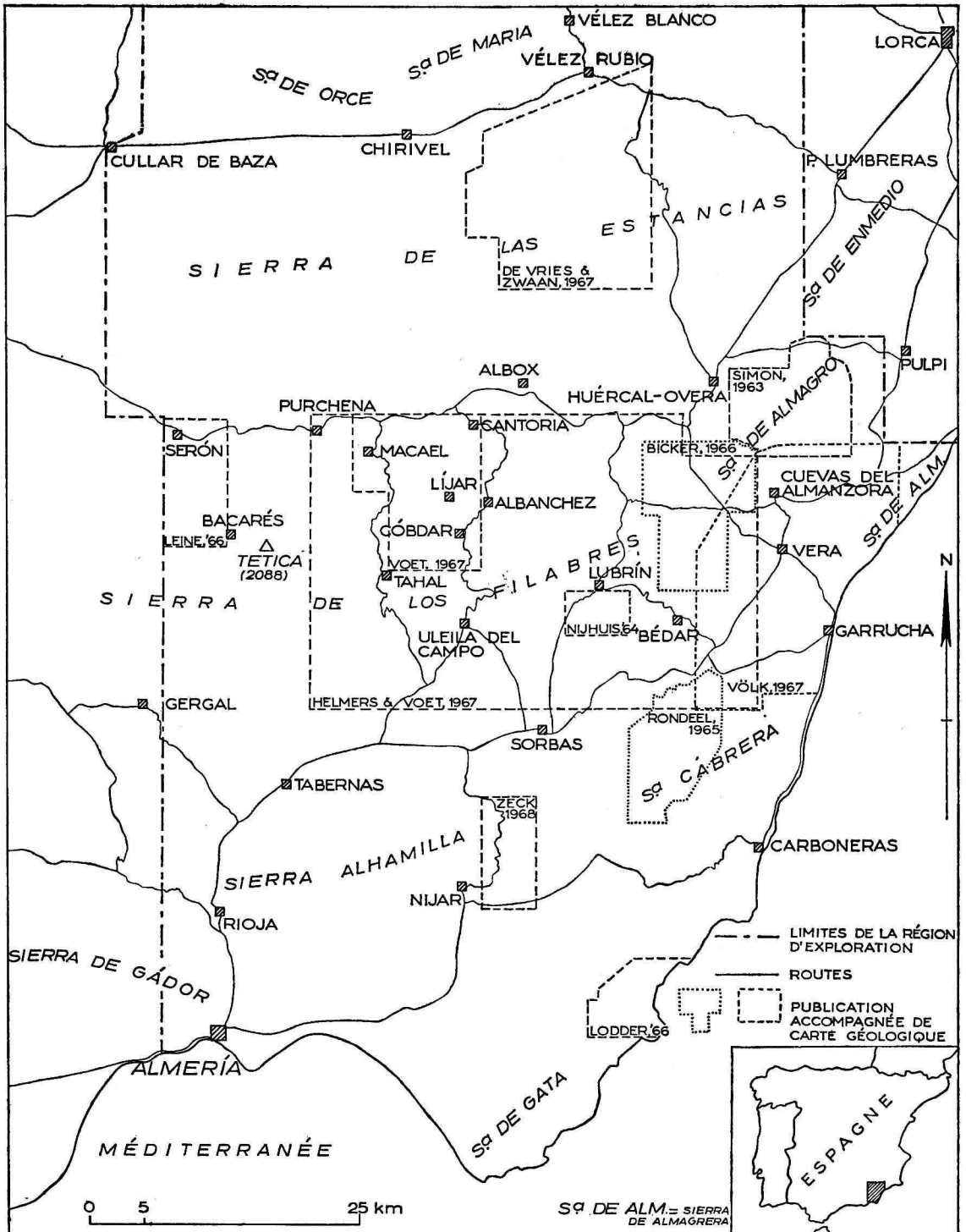
Un historique précède la description des grands ensembles tectoniques. On y trouve groupées notamment les conceptions classiques de BROUWER, de BLUMENTHAL, de FALLOT et de STAUB.

AVANT-PROPOS

L'année 1948 vit paraître la publication bien connue de FALLOT, intitulée « Les Cordillères Bétiques », qui donne un aperçu des recherches géologiques effectuées dans ces chaînes à grandes nappes de charriage, au cours d'une période pendant laquelle on différençia et décrivit les grands ensembles tectoniques. A ce travail d'importance capitale surtout les noms de BROUWER, de BLUMENTHAL et de FALLOT restent indissolublement liés. Outre la récapitulation de la situation au terme d'un siècle environ de recherches dans les Cordillères Bétiques, la mise au point de FALLOT servait, comme il l'écrivait lui-même, de cadre aux investigations futures. Plusieurs groupes de géologues ont répondu à cet appel, tant parmi les Espagnols que parmi les chercheurs venant d'autres pays. Leurs études avaient pour but, entre autres, de préciser les stratigraphies en utilisant les récents progrès de la micropaléontologie, d'étudier d'une manière plus détaillée la structure des divers ensembles tectoniques et de lever des cartes géologiques à grande échelle.

Un de ces groupes, venant de l'Université d'Amsterdam, a poursuivi ainsi, après plus de vingt ans, dans les Cordillères Bétiques les travaux de ses compatriotes, BROUWER et ses élèves de Delft et d'Amsterdam. En 1958, cette équipe d'Amsterdam s'est attaquée à un territoire encore en grande partie inconnu du point de vue géologique, situé dans la partie Sud-Est des Cordillères Bétiques, à savoir : la Sierra Cabrera, la Sierra de Almagro et la partie orientale de la Sierra de los Filabres (fig. 1). Pendant les années qui suivirent, la Sierra Alhamilla, la Sierra de las Estancias et la zone de Chirivel—Vélez Rubio furent englobées dans les recherches, de même que le terrain situé dans la partie externe de l'orogène entre Vélez Rubio et Moratalla. Plus tard, le terrain d'étude que les autorités espagnoles avaient adjugé à l'équipe de l'Université d'Amsterdam fut agrandi avec, entre autres, les Sierras de Carrascoy, de Orihuela et de Callosa de Segura (fig. 2).

Les recherches des membres de l'équipe d'Amsterdam ont donné lieu, au cours de ces dernières années, à plusieurs thèses de doctorat et à un grand nombre de publications séparées. Vu l'éparpillement de toutes ces communications, ceux qui s'y intéressent auront sans doute de la peine à se faire une idée précise sur l'ensemble des résultats actuellement acquis. C'est cette raison qui, avec d'autres, rend opportun de grouper et de fixer dans un article d'ensemble un certain nombre des conclusions principales, tirées au bout de dix ans de recherches. Cela semble d'autant plus utile que, durant cette période, les idées ont évolué, certaines notions se sont modifiées et, dans un certain nombre de cas l'adaption de nouvelles dénominations s'est imposée en ce qui concerne certaines unités tectoniques.



C.S.G. N° 308-17-5-68. REALIZADO DE ACUERDO CON LA COMISIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA.

Fig. 1. Localisation géographique de la région d'exploration dans la Zone Bétique, entre Almería et Vélez Rubio.

Le présent article sera consacré à la structure tectonique de la partie interne de l'orogène, la zone dite Zone Bétique *s.s.* (dans le sens de FALLOT, 1948) et, plus précisément, évidemment, au secteur qui se trouve dans notre région d'exploration. L'analyse des zones plus externes, dites Subbétique et Prébétique, ne nous semble pas encore suffisamment avancée pour justifier des conclusions tectoniques régionales.

Au Chapitre II, nous esquisserons l'évolution des idées sur la tectonique des Cordillères Bétiques. Ce faisant nous avons cru devoir nous en tenir aux conceptions classiques. Au Chapitre III nous traiterons les plus importants aspects des principales unités structurales de la région explorée.

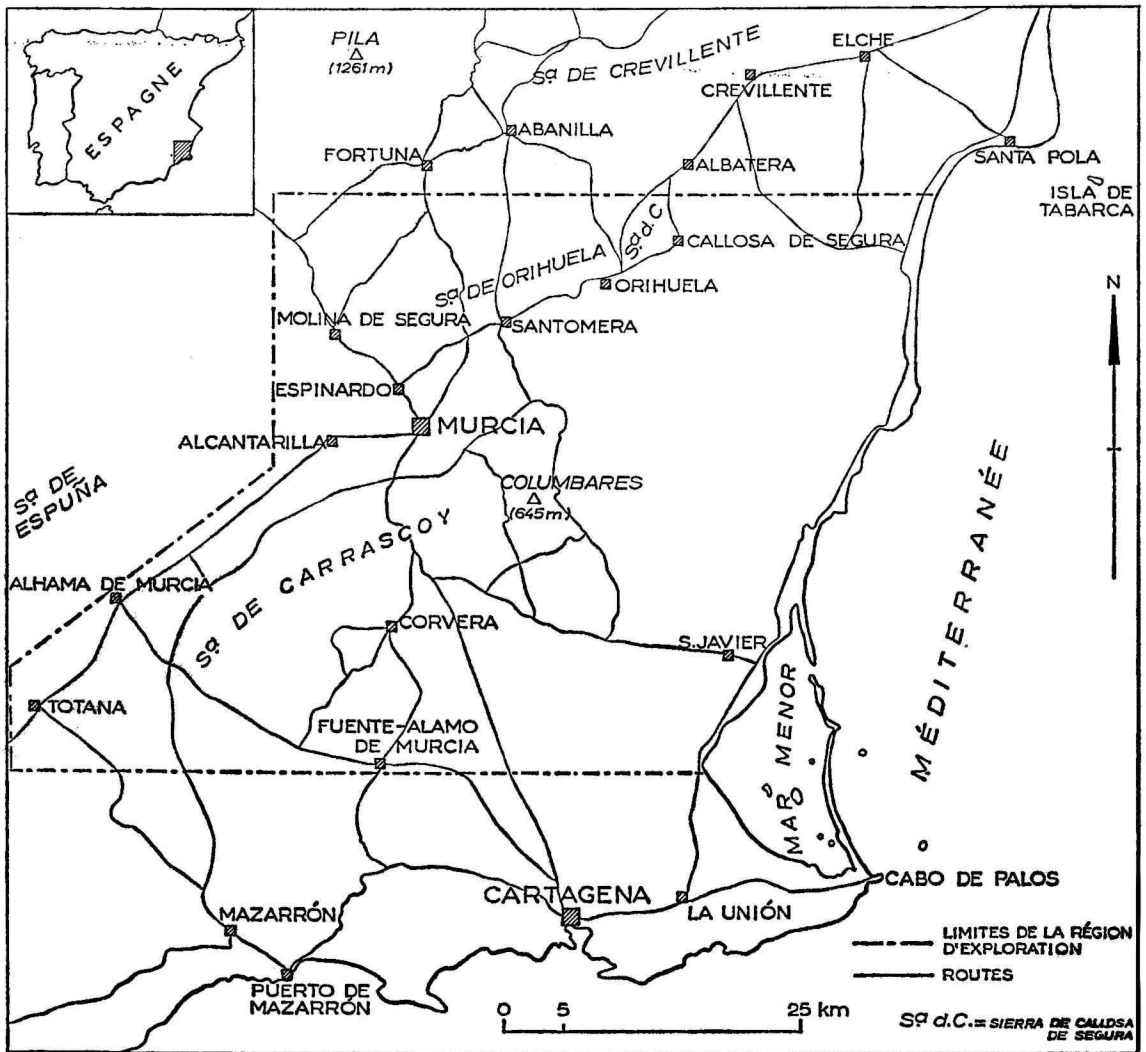


Fig. 2. Localisation géographique de la région d'exploration dans la Zone Bétique, au Nord-Est et au Sud-Ouest de Murcia.

Puis nous examinerons, au Chapitre IV, les éventuelles correspondances entre les éléments tectoniques distingués par nous et les unités que d'autres chercheurs ont trouvées plus à l'Ouest et plus à l'Est. Au Chapitre V, enfin, nous traiterons en détail l'évolution tectonique si complexe.

Pour terminer cette introduction, nous tenons à souligner que les opinions dont il sera question ici s'appuient surtout sur les résultats de travaux cartographiques faits par des étudiants et demeurés en grande partie non-publiés. Il faut noter aussi que nombre des idées développées ici sont issues d'échanges de vues avec collègues et collaborateurs et doivent donc, comme telles, être considérées comme faisant partie du domaine commun. Il est souligné enfin que le présent article ne cherche pas à donner une vue d'ensemble des idées et conceptions des membres de l'équipe d'Amsterdam. Les interprétations présentées ci-après restent entièrement au compte des auteurs de cette publication.

Remerciements

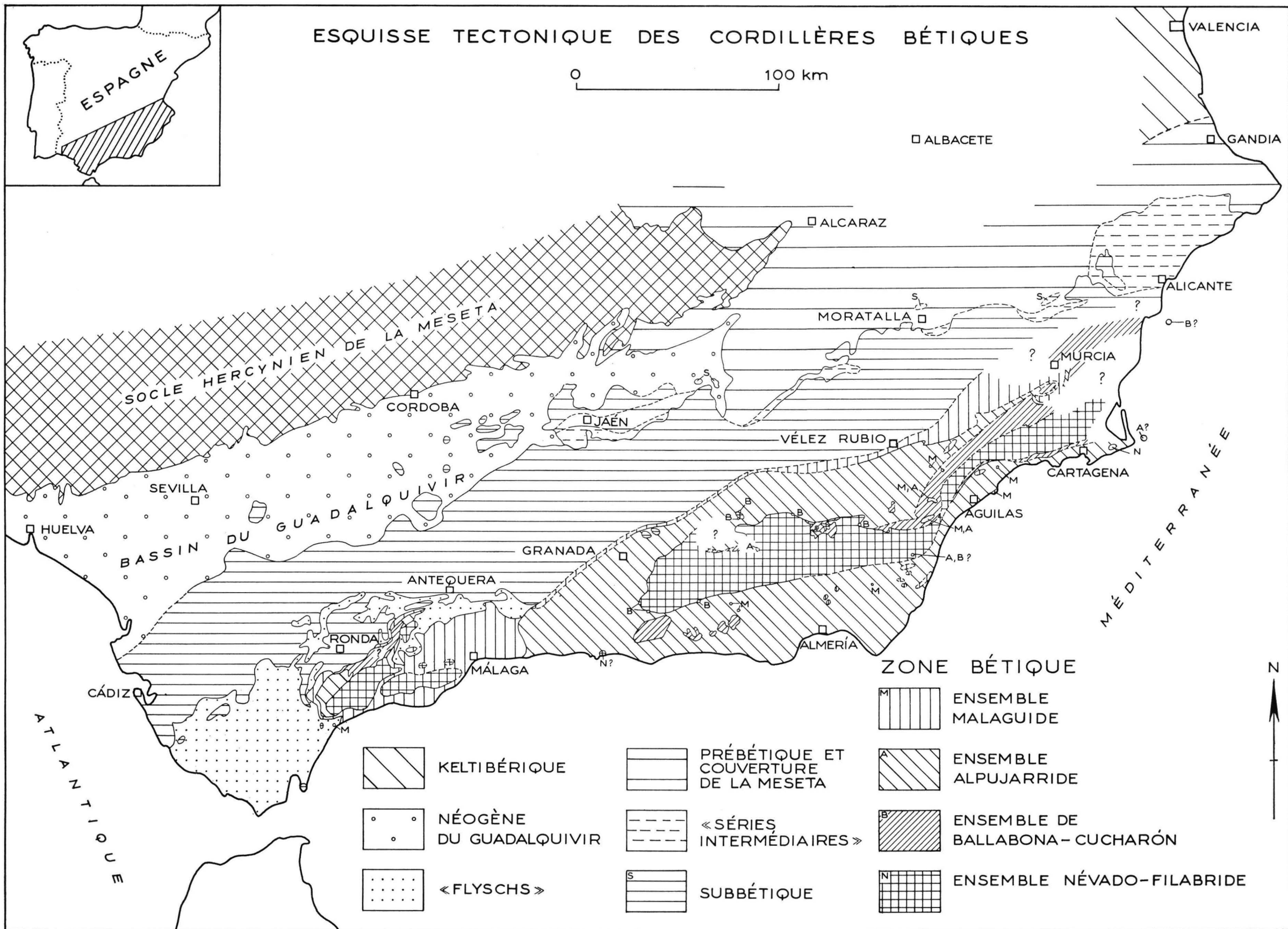
Il nous faut exprimer ici notre reconnaissance envers tous les membres de l'équipe de l'Université d'Amsterdam qui, en fournissant des données et/ou des critiques, ont contribué à la réalisation de cette publication. Notre gratitude va à Mlle T. GEEL, surtout pour avoir mis à notre disposition sa carte compilative de la zone externe des Cordillères Bétiques, et aussi pour son aide efficace lors de la rédaction du paragraphe sur l'ensemble malaguide; nous remercions M. H. HELMERS d'avoir bien voulu lire le paragraphe sur l'ensemble névado-filabride et d'avoir fait aussi l'étude critique du matériel de carte; nos remerciements vont au professeur Dr. W. P. DE ROEVER, au professeur Dr. J. J. HERMES, au Dr. J. W. A. BODENHAUSEN et au Dr. H. E. RONDEEL pour avoir consenti à relire et critiquer de grandes parties du texte.

Au bout de dix années d'exploration nous tenons à remercier la Comisión Nacional de Geología de España, et en particulier son secrétaire, le professeur Dr. J. M. LÓPEZ DE AZCONA, pour nous avoir fourni la possibilité de réaliser nos recherches et pour toute l'aide et l'appui qu'ils ont accordé à nos travaux.

Notre reconnaissance va tout particulièrement au professeur Dr. J. M. FONTBOTÉ, de Grenade, pour les amicales confrontations dans le terrain et pour les fructueux échanges de vues sur la géologie bétique.

Nous remercions MM. J. ALABERT, Dr. J. BOULIN, Dr. C. KIEFT et T. A. M. DE GROOT de la façon consciencieuse avec laquelle ils ont lu des parties du texte français.

Nous terminerons en exprimant notre satisfaction d'avoir pu contribuer à la connaissance de la tectonique de la partie interne des Cordillères Bétiques, développant des conceptions dues en grande partie à notre maître, le professeur Dr. H. A. BROUWER, lesquelles s'avèrent n'avoir rien perdu dans leurs grandes lignes, de leur valeur.



C.S.G. Nº 308-17-5-68. REALIZADO DE ACUERDO CON LA COMISIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA.

Fig. 3. Esquisse tectonique des Cordillères Bétiques. La zone externe schématisée d'après une carte, compilée par Mlle T. GEEL.

CHAPITRE I

SITUATION GÉOLOGIQUE

Sous la dénomination « Cordillères Bétiques » on entend l'orogène alpin qui s'étend, en Espagne méridionale, sur une distance de plus de 600 km, de Cadix au Sud-Ouest jusqu'à Gandia au Nord-Est (fig. 3). Si l'on comprend aussi les Baléares parmi les Cordillères Bétiques — comme cela se fait souvent — la longueur totale du système atteint près de 1000 km, c'est-à-dire à peu près autant que les Alpes occidentales et orientales réunies.

Les Cordillères Bétiques sont limitées à l'Est et au Sud par la Méditerranée, à l'Ouest par l'Océan Atlantique. La limite Nord se place normalement au bord méridional du bassin du Guadalquivir. Plus à l'Est — dans la région au Sud de Alcaraz et de Albacete — cette limite n'est guère précise car les éperons septentrionales des chaînes bétiques s'y confondent avec des éléments qui appartiennent, en partie, à la couverture directe de la Meseta et, en partie, aux chaînes keltibériques.

On peut, dans les Cordillères Bétiques, distinguer deux domaines ¹⁾ présentant des contrastes très prononcés: (1) un domaine septentrional, externe, formé surtout de sédiments mésozoïques et tertiaires qui, bien qu'ayant subi l'effet de l'orogénèse alpine, sont restés hors de l'atteinte du métamorphisme, et (2) un domaine méridional, interne, fréquemment appelé « Zone Bétique proprement dite », où les roches, qui ont subi l'effet de l'orogénèse alpine, sont en très grande partie d'âge triasique et plus ancien et où le métamorphisme alpin a joué un rôle capital.

Ces deux domaines, très différents aussi du point de vue morphologique, peuvent à leur tour se subdiviser en un certain nombre de grands ensembles tectoniques plus ou moins allongés suivant la direction des cordillères et faisant partie de l'édifice très complexe engendré par l'orogénèse alpine.

Dans la région externe ont été distinguées, surtout pour des motifs de faciès, une zone septentrionale, dite Prébétique, et une zone méridionale, contiguë, dite Subbétique, caractérisées respectivement, selon FALLOT (1948, p. 85-86), l'une d'un développement « néritique ou continental » et l'autre d'un développement « bathyal ou pélagique » des dépôts mésozoïques post-triasiques. Des recherches plus récentes (voir entre autres PAQUET, 1962c, 1967b; BUSNARDO, 1964; FOUCAULT, 1964; MACGILLAVRY, 1964; AZÉMA, 1965) ont révélé que cette subdivision — bien que correcte dans les grandes lignes — ne saurait être strictement poussée à l'extrême.

¹⁾ La limite entre ces deux domaines n'est pas encore exactement connue partout. Ceci est dû d'une part à la présence, dans la zone-limite, de séries de roches dont la provenance paléogéographique est encore incertaine et d'autre part à un recouvrement par des dépôts post-nappes.

On trouve par exemple, par endroits, dans la zone-limite entre le Prébétique et le Subbétique (dans le sens de FALLOT), des éléments intermédiaires dont les séries montrent un faciès, formant une transition entre les faciès des séquences comparables de ces deux ensembles (fig. 3). Dans sa partie septentrionale, le Prébétique montre une tectonique à plis affaiblis ou peu marqués; le Prébétique méridional et surtout le Subbétique présentent des chevauchements d'assez grand ordre.

La partie interne de l'orogène, que nous appellerons par la suite Zone Bétique, a subi d'une manière exceptionnellement violente l'effet de l'orogénèse alpine et représente un pays de nappes de grande envergure. Le plus souvent on distingue, dans cette zone, trois grands ensembles tectoniques superposés, actuellement désignés (de bas en haut) par les noms: (1) complexe névado-filabride, (2) complexe alpujarride, et (3) Bétique de Málaga. Ils présentent des différences dans le développement lithostratigraphique des séquences comparables. En pratique on les a souvent distingué par le degré de métamorphisme régional alpin qui paraît surtout mésozonal pour les éléments névado-filabrides, épizonal pour les éléments rangés dans le complexe alpujarride et essentiellement négligeable pour ceux du Bétique de Málaga. Comme on le verra plus loin en détail (p. 23-24) nos recherches dans les diverses parties de la Zone Bétique nous ont permis de constater qu'une subdivision basée à la fois sur ces deux critères ne peut être rigoureusement appliquée partout. Ceci vaut surtout pour un certain nombre d'éléments qui se trouvent immédiatement sur les unités « typiquement névado-filabrides », éléments qui, jadis, ont été rangés, en majeure partie, dans le complexe alpujarride. Dans la présente publication ces éléments ont été groupés dans un complexe distinct: l'ensemble de Ballabona-Cucharón.

CHAPITRE II

HISTORIQUE

Ce chapitre traitera du développement des idées sur la structure de la partie interne des Cordillères Bétiques, étant donné que nous avons constaté à plusieurs reprises qu'il existe des malentendus à ce sujet. En ce faisant, nous nous limiterons surtout aux conceptions classiques concernant la structure en nappes, tout en évitant autant que possible les détails.

La première période d'étude géologique dans les Cordillères Bétiques s'est étendue du début du siècle dernier jusqu'à près de 1900. Les publications et les cartes d'ensemble parues à cette époque donnent déjà une impression globale de la distribution des diverses séries ¹⁾. Les chercheurs d'alors n'étaient pas encore au fait des structures en nappes de type alpin. Les Cordillères Bétiques étaient, dans leur ensemble, considérées autochtones; les contacts anormaux étaient censés dûs à une tectonique de failles.

D'une manière générale on distinguait deux zones, concordant dans les grandes lignes avec les domaines mentionnés au chapitre précédent. La zone septentrionale, formée surtout de roches mésozoïques et tertiaires, se vit attribuer, par quelques membres de la « Mission d'Andalousie », le nom de Zone Subbétique. La zone méridionale fut désignée par le terme de Zone Métamorphique, Zone Bétique ou Chaîne Bétique ²⁾. Le caractère métamorphique de la plupart des roches qui se présentent ici a incité bien des auteurs à leur attribuer un âge paléozoïque ancien ou pré-cambrien. Quelques-uns seulement pensèrent à un âge triasique pour une partie tout au moins des roches en question. Cette supposition a été confirmée en partie par la découverte de fossiles, vers la fin du siècle.

L'existence d'importants chevauchements dans les Cordillères Bétiques fut décrite pour la première fois, en 1902, par le géologue français NICKLÈS dans la zone appelée maintenant généralement Subbétique (voir aussi NICKLÈS, 1904; DOUVILLÉ, 1906; GENTIL, 1918*a, b*). La présence de grandes nappes de charriage dans la partie interne de l'orogène, présence admise par divers géologues pour des motifs variés (TERMIER, 1911;

¹⁾ Parmi les travaux qui ont été publiés dans cette période, on peut citer ceux de: ANSTED, DE BOTELLA Y DE HORNOS, CALDERON Y ARANA, COOK, DONAYRE, VON DRASCHE, GONZALO Y TARIN, HAUSMANN, MACPHERSON, MALLADA, MERCALLI & TARAMELLI, la « Mission d'Andalousie » (BARROIS, BERGERON, BERTRAND, FOUQUÉ, KILIAN, LÉVY et OFFRET), NICKLÈS, DE ORUETA, OSANN, SILVERTOP, DE VERNEUIL & COLLOMB.

²⁾ Certains chercheurs ont donné à la zone méridionale le nom de « zone pénibétique » (« Penibético »). D'autres se servent au contraire de la notion « Pénibétique » pour désigner la zone septentrionale. Pour la notion de « Pénibétique » au sens de BLUMENTHAL, voir p. 19.

DOUVILLÉ, 1911; GENTIL, 1918c; ARGAND, 1922; STAUB, 1924; DEMAY, 1924) a été définitivement prouvée par BROUWER au cours des années 1924–1926.

Les travaux de BROUWER (1926*a, b, c, d*, 1934; voir aussi BROUWER & ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN, 1924; BROUWER & JANSSEN, 1934) et de ses élèves HETZEL (1923), ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN (1925), VAN BEMMELEN (1927), WESTERVELD (1929), ZERMATTEN (1929), BANTING (1933*a, b*) JANSSEN (1936) et PATIJN (1937) ont été d'une importance capitale pour déchiffrer la structure si complexe de la Zone Bétique. L'exploration accomplie au cours de la période de 1921 à 1936 mena à la distinction de trois grands ensembles tectoniques, à savoir (de bas en haut): (1) les « schistes cristallins de la Sierra Nevada centrale » (= « cristallin de la Sierra Nevada ») avec la « Mischungszone »¹⁾, (2) les nappes bétiques ou alpujarrides, et (3) la « nappe subbétique » (figs. 4 et 5A).

Le terme de « Mischungszone » désigne la zone, fortement tectonisée, située entre le « cristallin de la Sierra Nevada » et les nappes alpujarrides. Cette zone est constituée de roches pré-mésozoïques et du Mésozoïque ancien, avec des imbrications ou replis locaux d'éléments provenant des unités contigües (BROUWER, 1926*a, b, d*). Dans l'ensemble alpujarride VAN BEMMELEN (1927) et WESTERVELD (1929) ont distingué trois nappes, à savoir (de bas en haut): (1) la nappe de Lújar, (2) la nappe de Lanjarón (= Gádor), et (3) la nappe de Guájar. Ces deux dernières nappes possèdent chacune un socle qui, selon BROUWER et ses élèves, est surtout formé de micaschistes et de quartzites pré-triasiques avec une couverture légèrement métamorphique de roches triasiques pour la plupart dans un faciès « plus alpin ». On admet que ces nappes ont chevauché vers le Nord le « cristallin de la Sierra Nevada » et son enveloppe métamorphique mésozonale de la « Mischungszone ». La « nappe subbétique » de BROUWER — dont l'extension hors de la Sierra Arana n'a pas été vérifiée — est formée en majeure partie de roches mésozoïques et tertiaires, selon lui avec un Trias à faciès « plus germanique » (BROUWER, 1926*d*; voir aussi VAN BEMMELEN, 1927). Cette nappe était considérée de s'enraciner au Sud de l'Espagne. BROUWER a souligné l'analogie structurale entre les parties internes des Cordillères Bétiques et celles des Alpes, et a établi une comparaison entre la fenêtre de la Sierra Nevada et celle des Hohe Tauern. Il compara le « cristallin de la Sierra Nevada » et les roches de la « Mischungszone » avec des séries de l'ensemble pennique des Alpes, les nappes alpujarrides avec les nappes de l'Austro-alpin inférieur et sa « nappe subbétique » avec des nappes austro-alpines plus élevées (BROUWER, 1926*b, d*, 1934; voir aussi VAN BEMMELEN, 1927; WESTERVELD, 1929; JANSSEN, 1936; PATIJN, 1937).

Les recherches de BLUMENTHAL, conduites entre 1926 et 1936, ont porté surtout sur la partie Ouest des Cordillères Bétiques. Un de ses plus im-

¹⁾ La « Mischungszone » de BROUWER a aussi été appelée par ses élèves « zone complexe » ou « zone (marginale) à Mésozoïque pennique »; en outre, l'ensemble nommé au chiffre (1) a été indiqué parfois aussi, dans sa totalité, par le terme de « Pennique bétique ».

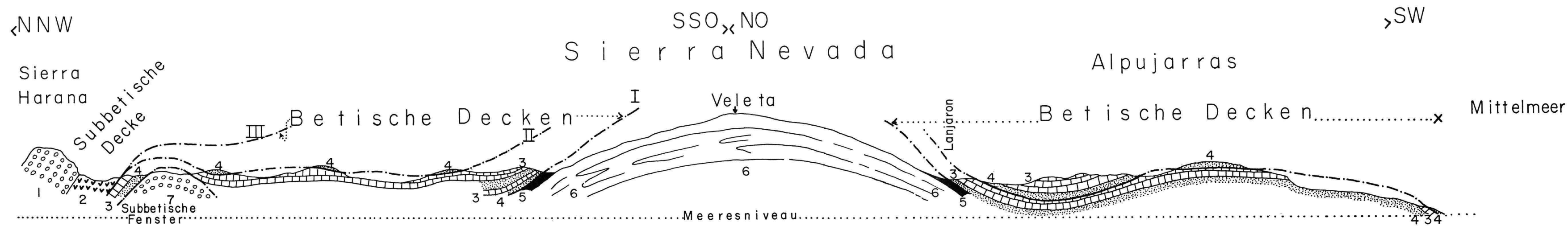


Fig. 4. Coupe schématique à travers les Cordillères Bétiques d'après le dessin originel de BROUWER (1926d, table II). Echelle horizontale $\pm 1:400.000$, échelle verticale $\pm 1:200.000$.

1. et 2. roches subbétiques (1. principalement d'âge jurassique, aussi d'âge crétaé et eocène, 2. roches subbétiques plus anciennes, appartenant principalement au Trias à faciès plus « germanique »: grès, conglomérats, schistes etc.). 3. calcaires, marbres, dolomies, appartenant surtout au Trias et développés en faciès plus « alpin ». 4. roches triasiques et plus anciennes: schistes, quartzites, phyllites et micaschistes (en partie grenatifères). 5. Mischungszone (marbres, gneiss, micaschistes, amphibolites, serpentine; aussi schistes, quartzites et marnes), constituée de roches mésozoïques et plus anciennes, semblables à celles de la zone pennique des Alpes. 6. roches de la Sierra Nevada centrale, surtout micaschistes, en partie grenatifères. Le redoublement de la Mischungszone (Geol. Rundschau XVII, p. 121, fig. 1) n'est pas figuré dans la coupe; la structure de la Sierra Nevada n'est indiquée que schématiquement. Provisoirement, dans les nappes bétiques seulement deux plans de charriage majeurs sont dessinés schématiquement; le plan I sépare la Mischungszone « pennique » des nappes bétiques inférieures, dans lesquelles les roches mentionnées sous 4. sont surtout moins métamorphiques. Dans les roches mentionnées sous 4., au-dessus du plan de charriage II, dominant des roches plus métamorphiques, en majeure partie plus anciennes (en partie micaschistes grenatifères). Le plan III à la base de la nappe subbétique se réunit dans la partie septentrionale de la coupe avec le plan II. Ailleurs, ce biseautage des nappes bétiques supérieures n'a pas lieu (traduction littérale du texte allemand).

portants résultats a été l'identification d'un ensemble formé en grande partie de roches paléozoïques, ensemble qui recouvre tectoniquement les nappes alpujarrides susdites ¹⁾ et qui a été baptisé Bétique de Málaga ou nappe de Málaga ²⁾ (fig. 5C). Au Nord et à l'Ouest de cette nappe, BLUMENTHAL releva la présence du « Pénibétique » qui représenterait la couverture décollée — formée surtout de roches mésozoïques — de ce Bétique de Málaga. Vers le Nord suit alors un « mélange chaotique » de roches triasiques. Ce « Trias citrabétique » ³⁾ formerait, du point de vue régional, le substratum de la zone subbétique formée en majeure partie de roches mésozoïques. Au Sud de Jaén, ce Subbétique aurait chevauché les roches mésozoïques de la zone appelée Prébétique par BLUMENTHAL. Ce Prébétique se trouverait, à son tour, en contact tectonique sur la couverture (sub)-autochtone de la Meseta. Tout d'abord, BLUMENTHAL considéra les roches du « Pénibétique », du Subbétique, du Prébétique et peut-être aussi, des parties de son « Trias citrabétique », comme étant d'origine « ultrabétique ». Ses recherches dans la Sierra Arana l'amènèrent à adjoindre à son Bétique de Málaga la partie la plus méridionale de la nappe subbétique de BROUWER et le reste à son Subbétique. Dans des écrits postérieurs, BLUMENTHAL paraît être revenu de plus en plus sur ses idées ultranappistes. Il conclut notamment que le Prébétique, le Subbétique, le « Trias citrabétique » et la partie de beaucoup la plus grande du « Pénibétique » se sont déposés au Nord du « cristallin de la Sierra Nevada », autrement dit que ces éléments sont « citrabétiques », tant au sens géographique qu'au sens paléogéographique. Dans une des dernières publications de BLUMENTHAL (1935), le caractère allochtone de la plus grande partie des nappes alpujarrides distinguées par les géologues néerlandais, est même contesté. Selon lui, le « cristallin de la Sierra Nevada » formerait un socle (sub)-autochtone supportant une couverture surtout triasique du type alpujarride. Près de la côte méditerranéenne (« zone d'Almuñecar »), ce socle se serait détaché, avec une partie de sa couverture, pour se déplacer vers le Nord, en charriage épiglyptique, par dessus le « substratum alpujarride », y compris le « cristallin de la Sierra Nevada » (fig. 5C). Cette seule nappe alpujarride de BLUMENTHAL a été appelée par lui « nappe de Gádor » ⁴⁾.

1) BLUMENTHAL a bien désigné aussi l'ensemble alpujarride par le nom « Bétique de Grenade ».

2) Désigné aussi par BLUMENTHAL sous le nom « malagensisches Betikum ».

3) BLUMENTHAL s'est parfois servi de la notion « citrabétique » dans le sens géographique, c'est-à-dire pour indiquer que les séries en question sont actuellement situées au Nord de la Zone Bétique, mais parfois aussi dans le sens paléogéographique, c'est-à-dire comme indication d'un dépôt au Nord de la Sierra Nevada. Dans cette dernière acception, il oppose cette notion à celle de « ultrabétique », qui indique que les roches en question sont censées avoir été déposées au Sud de celles du Bétique de Málaga.

4) Ni en ce qui concerne son interprétation tectonique, ni son étendue géographique, cette « nappe de Gádor » ne peut s'identifier avec la nappe de Gádor (= Lanjarón) des chercheurs néerlandais.

Sous l'influence du « traineau écraseur » formé par cette « nappe de Gádor » et le Bétique de Málaga, une partie de la « couverture alpujarride autochtone » aurait été arrachée au socle névadique et déplacée à une dizaine de kilomètres de là, vers le Nord, venant ainsi se placer au Sud de la Sierra Arana, sur le Subbétique. BLUMENTHAL parle ici des « alpujarrides septentrionales » (= « Trias Randdecke »). Puis, selon lui, la « Mischungszone » de BROUWER ne serait rien d'autre que la « couverture alpujarride », fortement laminée, du socle névadique avec des éléments imbriqués de sa « nappe de Gádor » et peut-être aussi du Bétique de Málaga. Là, où la « couverture alpujarride méridionale » du socle névadique révèle un caractère paraautochtone, on pourrait parler d'une « nappe de Lanjarón »¹⁾. En comparaison avec l'interprétation donnée pour l'ensemble alpujarride par BROUWER et ses élèves, la pensée de BLUMENTHAL implique une ampleur considérablement moindre du chevauchement.

BLUMENTHAL éprouva des difficultés pour interpréter les épaisses séries de roches carbonatées qui se présentent dans la région entre Ronda et Málaga dans l'Ouest de la Zone Bétique. Celles des Sierras Blanca et de Mijas furent finalement qualifiées par lui comme « marbres anciens », faisant partie du socle paléozoïque ancien ou pré-cambrien du Bétique de Málaga. Les roches carbonatées de la Sierra de la Nieves et celles de la Sierra de Alcaparain — roches que BLUMENTHAL a appelées les « Rondaïdes » — furent considérées d'être surtout triasiques, en raison de découvertes de fossiles, et estimées représenter un prolongement vers l'Ouest de l'ensemble alpujarride.

Les recherches de FALLOT dans les Cordillères Bétiques couvrent une période de cinquante années (1910–1960). Après avoir étudié les Baléares et les dépôts tertiaires et quaternaires longeant les côtes du Levant, il concentra ses efforts sur la zone externe des Cordillères Bétiques orientales, et ensuite, surtout sur la Zone Bétique. FALLOT fut d'abord partisan d'une provenance « ultrabétique » pour certaines parties en tout cas du Subbétique, y compris le « Pénibétique » de BLUMENTHAL. Mais il en vint bientôt à se rendre compte que la partie de beaucoup la plus grande du « Pénibétique » de même que le Subbétique et le Prébétique ont une origine « citrabétique ». Il donna une nouvelle définition des notions Prébétique et Subbétique (FALLOT, 1948; voir aussi p. 15). Selon lui le Subbétique a chevauché en certains endroits le Prébétique d'au moins 20 à 25 kilomètres, et peut-être même de 30 à 35 kilomètres.

Les idées de FALLOT concernant la Zone Bétique ressemblent celles de BROUWER et de ses élèves. FALLOT aussi est d'opinion que la « Mischungszone » est formée en majeure partie de roches triasiques. Il croit toutefois que celles-ci font partie d'une nappe indépendante, située tectoniquement sur le « cristallin de la Sierra Nevada » (FALLOT *et al.*, 1960, table en face

¹⁾ Cette « nappe de Lanjarón » de BLUMENTHAL n'est donc identique à la nappe de Lanjarón (= Gádor) des chercheurs néerlandais.

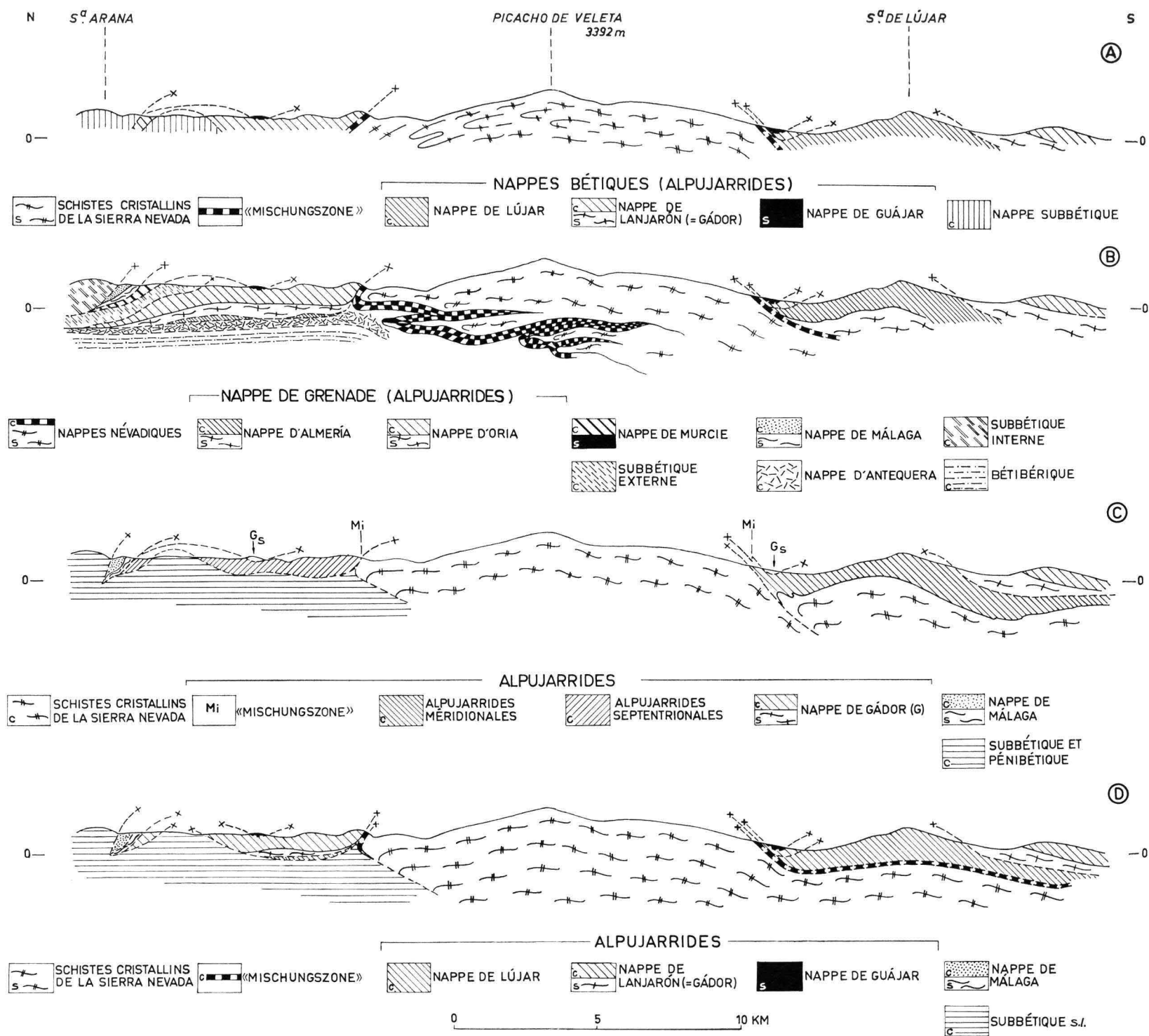


Fig. 5. Coupes à travers la Zone Bétique selon la transversale du Picacho de Veleta. Schématisées et interprétées d'après les conceptions de: A - BROUWER (1926d) et ses élèves VAN BEMMELEN (1927) et WESTERVELD (1929); B - STAUB (1934); C - BLUMENTHAL (1935); D - FALLOT (1954). L'échelle verticale est à peu près de même ordre que l'échelle horizontale. Dans les notations des unités structurales, l'on distingue les socles (s) et les couvertures (c).

de p. 206, hypothèse V). Comme BROUWER, FALLOT interprète toutes les unités de l'ensemble alpujarride comme des nappes (fig. 5D).

Les idées de R. STAUB concernant la structure des Cordillères Bétiques ont été rassemblées en deux publications (1926, 1934), dont nous n'examinerons que la seconde. STAUB distingue une « zone de la Sierra Nevada », formée de plusieurs nappes de type pennique, chacune avec un socle pré-hercynien et une couverture formée de roches triasiques et de schistes lustrés. Succédant à cette « zone de la Sierra Nevada » viendraient trois nappes indépendantes à savoir (de bas en haut) : (1) la « nappe de Grenade » (avec la « nappe d'Almería » et la « nappe d'Oria » comme digitations), (2) la « nappe de Murcie », et (3) la nappe de Málaga (fig. 5B). Ces nappes de socle, à couverture en majeure partie triasique, peuvent être comparées — selon STAUB — respectivement aux nappes austro-alpines inférieures, moyennes et supérieures. L'absence presque totale de roches post-triasiques dans les couvertures des « nappes de Grenade et de Murcie » conduisit STAUB à supposer qu'à la suite de la « poussée » vers le Nord de sa nappe de Málaga les parties supérieures de ces nappes se sont décollées et sont actuellement représentées par le Subbétique, formé en majeure partie de dépôts jurassiques et crétacés ¹). Le substratum de ce Subbétique serait formé par la « nappe d'Antequera » qui coïncide à peu près, quant à son étendue, avec le « Trias citrabétique » de BLUMENTHAL. STAUB suppose que les roches de sa nappe d'Antequera se sont déposées le long du bord méridional de la plate-forme continentale européenne et qu'elles ont ensuite chevauché la couverture (sub)autochtone de la Meseta. Il donne à cette couverture le nom de « Bétibérique », dont l'étendue correspond à peu près au Prébétique de FALLOT (1948).

Pendant cette même période, alors que BROUWER, BLUMENTHAL, FALLOT, STAUB et d'autres soutenaient l'allochtonie de grandes parties des Cordillères Bétiques, d'autres encore, parmi lesquels CARANDELL (1920), SERMET (1934) et plus tard aussi ALASTRUÉ (1948) demeurèrent partisans de l'autochtonie des régions étudiées par eux, à savoir respectivement, la région de la Sierra Nevada, la région de Las Alpujarras et celle qui s'étend entre Grenade et Jaén.

Pendant la guerre civile et la seconde guerre mondiale l'exploration géologique en Espagne méridionale cessa presque totalement. FALLOT qui, peu après, avait repris ses travaux dans les Cordillères Bétiques entama des recherches plus détaillées. En partie à la suite de sa publication de 1948, déjà citée, les années cinquante virent quatre groupes de géologues commencer leurs études dans les diverses parties des Cordillères Bétiques. Un groupe espagnol, sous la direction du professeur J. M. FONTBOTÉ (Grenade) commença l'exploration de la région entre Jaén et Motril; un groupe allemand, sous la conduite du professeur R. HOEPPENER (Bonn),

¹) Cette idée avait d'ailleurs été déjà mise en avant sous une forme presque identique, en 1932, par FALLOT.

entreprit des reconnaissances plus vers l'Ouest, dans la région où BLUMENTHAL avait travaillé jadis; des géologues français et suisses, actuellement coordonnés par le professeur M. DURAND DELGA (Paris) orientèrent leurs travaux surtout sur la zone externe de l'orogène et sur certaines parties de la zone interne; l'équipe néerlandaise, enfin, commença l'étude du secteur entre Almería et Moratalla (fig. 3). Un certain nombre des résultats les plus importants de ces récentes recherches de nos confrères étrangers, sera traité au Chapitre IV.

CHAPITRE III

LES PRINCIPALES UNITÉS STRUCTURALES DANS LE SECTEUR SUD-EST DE LA ZONE BÉTIQUE

Dans ce qui précède nous avons sommairement exposé l'état des connaissances sur la tectonique de la Zone Bétique au moment où l'équipe d'Amsterdam s'est attaqué à la cartographie du secteur Sud-Est des Cordillères Bétiques. Dans ce qui suit nous donnerons un aperçu des principaux résultats de ces travaux, en commençant par une description des principales unités structurales.

Nous avons déjà constaté que la Zone Bétique représente un pays de nappes de grande envergure dans lequel on distingue en général trois grands ensembles tectoniques superposés, souvent désignés actuellement par: (1) le complexe névado-filabride, (2) le complexe alpujarride et (3) le Bétique de Málaga. Ces ensembles se caractérisent par de nettes différences dans leur stratigraphie, dont il résulte qu'ils possèdent une valeur paléogéographique aussi bien que tectonique. Dans la pratique, on les distingue souvent à l'aide des différences marquées du degré de métamorphisme régional d'âge alpin entre les diverses séries de couverture. Ainsi, les séries névado-filabrides, dans notre région d'exploration, paraissent caractérisées par un métamorphisme alpin mésozonal, les séries alpujarrides ne présentent qu'un métamorphisme alpin épizonal et les séries « typiquement malaguides » sont restées essentiellement exemptes de ce métamorphisme.

Aussi satisfaisante que cette subdivision en trois parties ait semblé être tout d'abord (voir entre autres EGELER, 1963) elle présenta toutefois de gros inconvénients au fur et à mesure que l'étude du secteur Sud-Est de la Zone Bétique progressait. Sur de grandes distances suivant l'allongement de la chaîne notamment, entre les séries « typiquement névado-filabrides » et les séries « typiquement alpujarrides », apparurent certains éléments tectoniques difficiles à ranger dans un des complexes en question. Il s'agit ici d'éléments que des chercheurs qui nous ont précédé, et nous-mêmes aussi, avaient classés le plus souvent, en raison de leur faible métamorphisme alpin, dans le complexe alpujarride, mais dont le développement lithostratigraphique paraît, en l'étudiant plus en détail, présenter des affinités névado-filabrides. Des éléments du même type affleurant hors de la région d'exploration ont aussi été rangés, en partie, dans la « Mischungszone », c'est-à-dire dans le complexe névado-filabride, bien que les séries en question soient sensiblement moins métamorphiques que les séries « typiquement névado-filabrides ». Ces considérations nous ont amenés à séparer les éléments en question (SIMON, 1966a) et à les grouper dans un ensemble distinct (voir aussi LEINE, 1966; BICKER, 1966;

VOET, 1967). Dans la publication actuelle cet ensemble, qui présente une extension considérable surtout dans la partie Est de la Zone Bétique, sera désigné par le terme *ensemble de Ballabona-Cucharón*¹⁾.

Pour des raisons à préciser encore (p. 42) nous préférons la désignation *ensemble malaguide* à des noms comme Bétique de Málaga ou nappe de Málaga. La distinction entre les éléments de cet ensemble malaguide et ceux de l'ensemble alpujarride soulève peu de difficultés pour la cartographie régionale, surtout grâce à la différence, déjà mentionnée, de l'intensité du métamorphisme alpin. En étudiant les séquences en détail, cependant, l'on voit apparaître, entre les séries typiques des deux ensembles, des éléments locaux dont les séries susceptibles de comparaison révèlent, quant à leur développement de faciès et/ou le degré de recristallisation métamorphique d'âge alpin, un caractère tantôt plus tantôt moins intermédiaire. Les éléments intermédiaires de notre région d'étude sont incorporés dans la présente publication dans l'ensemble malaguide (voir plus loin, p. 47-49).

Nous basant sur ce qui précède nous arrivons à une distinction dans la Zone Bétique, de quatre grands ensembles tectoniques qui sont²⁾:

- (1) l'ensemble malaguide
- (2) l'ensemble alpujarride
- (3) l'ensemble de Ballabona-Cucharón
- (4) l'ensemble névado-filabride

L'analyse a révélé que, dans ces grands ensembles tectoniques, plusieurs unités indépendantes se trouvent représentées, localement tout au moins. Dans le secteur étudié de la Zone Bétique, ces unités se caractérisent sans exception par l'absence de flancs inverses (« nappes du second genre » au sens de TERMIER). Sauf dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón, toutes les unités sont formées de séries d'âge permo-triasique³⁾ et plus jeune, ainsi que de roches d'âge hercynien ou plus ancien, désignées respectivement dans cette publication comme couverture et socle. En ce sens ces notions sont donc basées essentiellement sur des critères strati-

¹⁾ Au point où en sont aujourd'hui les travaux, nous estimons cette dénomination la plus appropriée pour l'ensemble en question dans la partie orientale de la Zone Bétique, quoiqu'elle ne s'accorde guère, linguistiquement parlant avec les dénominations des autres grands ensembles tectoniques. Il est à recommander de s'entendre avec les collègues d'autres groupes pour donner un nom plus adéquat dès que l'on sera plus au fait de l'extension régionale de cet ensemble dans toute la Zone Bétique.

²⁾ La provenance « ultrabétique » supposée par plusieurs géologues pour les « flyschs » dans l'Ouest des Cordillères Bétiques est mise en doute de nos jours (voir plus loin, p. 69).

³⁾ L'indication permo-triasique sert dans le présent article pour exprimer que la série en question est considérée avoir en majeure partie un âge triasique inférieur (= Werfénien), bien que la possibilité soit laissée expressément ouverte qu'une partie de cette série soit permienne.

graphiques; mécaniquement parlant, la subdivision n'a paru avoir de l'importance que dans certains cas seulement, sans doute à cause du rôle peu important qui semble devoir être attribué aux mouvements orogéniques hercyniens ainsi qu'au métamorphisme hercynien (voir p. 63).

L'ENSEMBLE NÉVADO-FILABRIDE

La Sierra de los Filabres est formée, pour la plus grande partie, de roches qui ont subi un métamorphisme régional d'âge alpin, de degré mésozonal. Elles représentent un certain nombre d'unités tectoniques indépendantes, comportant un socle pré-permo-triasique et une couverture permo-triasique et triasique (et plus récente?). Ces unités forment le complexe ou ensemble névado-filabride¹). Vers l'Ouest cet ensemble se poursuit directement dans la Sierra Nevada (voir entre autres p. 55). Vers le Nord-Est il réapparaît, après une interruption, dans la Sierra de la Almenara et dans la région entre Mazarrón et Cabo de Palos (voir table II et p. 61-62).

Dans la Sierra Nevada et dans la Sierra de los Filabres BROUWER (1926*a*, *d*) et quelques-uns de ses élèves (voir aussi p. 18) ont distingué: (1) les « schistes cristallins de la Sierra Nevada centrale » (= le « cristallin de la Sierra Nevada »), et (2) la « Mischungszone » susjacente. Le « cristallin de la Sierra Nevada » est formé d'une série monotone de micaschistes graphitiques (souvent à grenat) et de quartzites. La « Mischungszone », par contre, comprend un complexe hétérogène principalement formé de divers types de micaschistes (parmi lesquels des micaschistes à carbonate, des micaschistes à amphibole et des micaschistes à grenat), des quartzites, des marbres micacés, divers types de roches amphibolitiques (parmi lesquelles des metabasites), des serpentinites, des gneiss souvent riches en tourmaline, puis, par endroits, du gypse. Dans la Sierra Nevada et dans la partie occidentale de la Sierra de los Filabres le « cristallin de la Sierra Nevada » constitue la masse principale de la chaîne et le complexe hétérogène affleure en une zone assez étroite et discontinue entre ce cristallin basal et des roches appartenant à des ensembles tectoniques plus hauts. Par contre, dans la partie plus orientale de la Sierra de los Filabres, située dans notre région de travail, le complexe hétérogène affleure sur des espaces très étendus. Dans la partie Nord-Est de la Zone Bétique, notamment dans la région entre Pulpi et Cabo de Palos, des séries analogues présentent également une extension considérable (table II).

Les recherches détaillées dans la partie orientale de la Sierra de los Filabres par des membres de l'équipe d'Amsterdam (voir entre autres EGELER, 1963; DE ROEVER & NIJHUIS, 1963; NIJHUIS, 1964*a*, *b*; BICKER,

¹) La dénomination unités névado-filabrides ou Névado-Filabrides a été lancée par EGELER (1963, p. 264) de concert avec MM. FONTBOTÉ, DURAND DELGA et DE ROEVER, pour l'ensemble des unités inférieures de la Zone Bétique orientale, caractérisées par le degré mésozonal de leur métamorphisme d'âge alpin (voir aussi DURAND DELGA, 1963).

1966; VOET, 1967; HELMERS & VOET, 1967) ont fourni des données nouvelles et importantes sur le caractère de l'association hétérogène désignée jadis par le nom de « *Mischungszone* ». Il s'est clairement avéré qu'ici des roches sont représentées qui doivent leur caractère actuel uniquement au métamorphisme alpin, de même que des roches plus anciennes, polymétamorphiques, ayant déjà subi auparavant l'influence d'un métamorphisme mésozonal d'âge pré-alpin. Ces dernières roches font partie du socle. Les premières comprennent celles de la couverture et peut-être aussi une partie du socle (voir p. 63). Dans la pratique, il est souvent assez difficile de distinguer les métasédiments du socle de ceux de la couverture, étant donné que le métamorphisme alpin a transformé à tel point les premières qu'il ne subsiste que fort peu ou rien du tout des associations de minéraux pré-alpins qui peuvent y avoir existé.

Le problème des rapports entre le « cristallin de la Sierra Nevada » et les roches susjacentes du complexe hétérogène (la « *Mischungszone* ») semble résolu par la découverte de métaconglomérats dans la partie basale de la série plus récente, dans la partie centrale de la Sierra de los Filabres ¹⁾. La relation avec la série sous-jacente est apparemment de nature stratigraphique et l'on a probablement affaire à une discordance hercynienne. Ceci conduit à conclure que le « cristallin de la Sierra Nevada » et sa couverture directe de roches plus récentes constituent ici une seule unité tectonique (EGELER, 1963), qui a été baptisée du nom d'unité de Névado-Lubrán (NIJHUIS, 1964*a, b*). Prenant comme point de départ l'interprétation que nous venons d'énoncer, la cartographie de la partie supérieure du complexe hétérogène formé de roches à métamorphisme mésozonal a permis de distinguer trois autres unités névado-filabrides (voir plus loin, p. 29-32).

Les roches de l'ensemble névado-filabride n'ont point fourni de fossiles. Quant à l'âge possible des séries en question on en est réduit en grande partie à la corrélation lithostratigraphique avec des séries d'ensembles tectoniques plus élevés, moins altérées par le métamorphisme et localement fossilifères. Actuellement, l'on a d'ailleurs, en ce qui concerne l'âge des roches du socle, réussi à obtenir quelques indications grâce aux déterminations d'âge radiométriques des gneiss riches en tourmaline des socles des unités névado-filabrides supérieures, qui ont été qualifiées dans la région de Lubrán-Bédar, en majeure partie du moins, comme roches d'origine granitique (NIJHUIS, 1964*b*). Ces déterminations (PRIEM *et al.*, 1966) révèlent un âge hercynien (269 ± 6 MA) pour la mise en place du matériel originel, d'où l'on déduit un âge paléozoïque ou plus ancien encore pour les roches ainsi envahies. Des analogies avec des roches méso-métamorphiques du socle de l'ensemble alpujarride (voir p. 38-40) ont permis de considérer ces roches névado-filabrides, en partie du moins,

¹⁾ Cette découverte importante a été faite par le professeur DE ROEVER et ses élèves MM. LINTHOUT et KROON, au Sud-Ouest du village de Tahal.

comme pré-siluriennes (EGELER, 1963). La corrélation lithologique des séries de couverture des unités de l'ensemble névado-filabride et celles des unités d'ensembles plus hauts de la Zone Bétique, fournit de forts arguments en faveur d'un âge triasique surtout (voir surtout les figures 6 et 9; NIJHUIS, 1964a, b). Il n'est pas impossible que les parties inférieures des séries de couverture névado-filabrides comportent des roches permianes et les parties supérieures des roches post-triasiques. Cette interprétation, qui concorde avec celle que BROUWER et la plupart de ses élèves ont déjà donnée il y a longtemps, repose en grande partie sur la

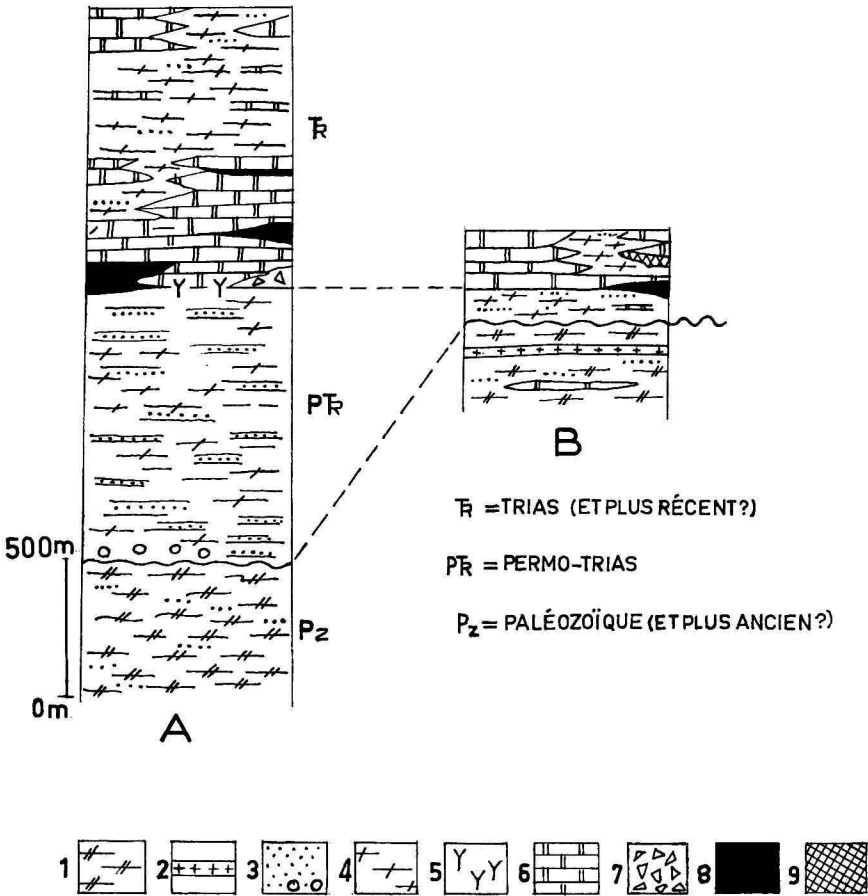


Fig. 6. Colonnes stratigraphiques, composites et schématisées, de l'unité de Névado-Lubrin (A) et de la nappe de Chive-Macael (B) de l'ensemble névado-filabride, dans la partie centrale et orientale de la Sierra de los Filabres. D'après NIJHUIS (1964b) et VOET (1967).

1. micaschistes graphitiques (à grenat);
2. gneiss à tourmaline;
3. quartzites et métaconglomérats;
4. micaschistes quartzitiques, micaschistes à amphibole et autres types de roches amphibolitiques;
5. gypse;
6. marbres à calcite et à dolomite;
7. cargneules;
8. metabasites (amphibolites à albite et à épidote et des types non-schisteux, le plus souvent blastophytiques);
9. serpentinites.

présence de gypse. Le gypse se rencontre localement dans l'unité de Névado-Lubrín, à la limite d'une épaisse série schisto-quartzitique (en bas) avec un paquet formé surtout de roches carbonatées (en haut) (voir entre autres NIJHUIS, 1964*a, b*). Ailleurs dans la Zone Bétique, on trouve du gypse, outre dans les séries post-nappes, dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón, dans l'ensemble alpujarride et dans l'ensemble malaguide (voir FALLOT *et al.*, 1960). Dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón on trouve du gypse dans la partie la plus haute du Permo-Trias, puis intercalé dans le Trias moyen et dans le Trias supérieur (fig. 9). Dans l'ensemble alpujarride on trouve, aussi bien dans la région étudiée comme en dehors d'elle, du gypse dans la partie la plus haute de la série permo-triasique (fig. 10). Le gypse de l'ensemble malaguide appartient probablement en partie au terme supérieur du Permo-Trias et en partie au Trias supérieur (fig. 11; voir aussi AZÉMA, 1961; PAQUET, 1967*b*). Pour des raisons lithostratigraphiques il semble le plus logique de corrélérer le gypse de l'unité de Névado-Lubrín avec celui qu'on trouve dans la partie la plus haute des séries permo-triasiques des autres grands ensembles tectoniques. Ceci impliquerait que la partie inférieure de la couverture de l'unité de Névado-Lubrín, et aussi celles des unités névado-filabrides supérieures apparentées, sont d'âge permo-triasique et que les parties supérieures sont d'âge triasique moyen à supérieur (et plus récent?). La suggestion (FALLOT *et al.*, 1960) selon laquelle le gypse de la « Mischungszone » de BROUWER proviendrait du complexe alpujarride doit être rejetée, tout au moins pour l'unité de Névado-Lubrín dans la partie orientale de la Sierra de los Filabres (voir encore NIJHUIS, 1964*b*).

Le socle de l'unité de Névado-Lubrín, qui constitue l'arête dorsale de la partie occidentale de la Sierra de los Filabres, est formé, selon FALLOT *et al.*, (1960), d'une série monotone schisto-quartzitique, épaisse de plus de 5000 mètres. L'âge de ce « cristallin de la Sierra Nevada » est incertain; on le considère en général comme paléozoïque (voir entre autres FALLOT *et al.*, 1960). Le « cristallin de la Sierra Nevada » est recouvert en discordance par une série assez monotone de schistes et de quartzites, le plus souvent riches en albite et localement grenatifères, qui contient dans sa partie supérieure des intercalations de roches carbonatées et de metabasites. C'est dans la partie basale de cette série, qui atteint au Sud de Purchena une épaisseur d'environ 1000 mètres, que l'on trouve les conglomérats déjà mentionnés qui marquent par endroits la limite entre le socle et la couverture. Cette série de schistes et de quartzites est suivie localement d'une série, épaisse de plus de 1000 mètres, de cargneules, de marbres, de micaschistes (à grenat), de micaschistes à carbonate, de micaschistes quartzitiques et de micaschistes à amphibole. A la limite de ces deux séries on trouve localement le gypse déjà mentionné, probablement d'âge triasique inférieur. L'âge des metabasites est incertain; à titre d'hypothèse on leur attribue souvent un âge mésozoïque. On trouve des serpentinites, non seulement au contact avec l'unité névado-filabride susjacente mais

aussi dans la série de couverture de l'unité de Névado-Lubrín. Dans les séries de couverture et aux contacts entre quelques unités névado-filabrides plus hautes on trouve aussi localement des serpentinites (NIJHUIS, 1964*b*; VOET, 1967; HELMERS & VOET, 1967).

La répartition des unités névado-filabrides supérieures est beaucoup plus restreinte que celle de l'unité de Névado-Lubrín, et nettement irrégulière (fig. 7). Elles montrent un développement considérable dans la partie Sud-Est de la Sierra de los Filabres, notamment dans la région de Lubrín-Bédar. Là, trois unités névado-filabrides indépendantes ont été distinguées au-dessus de l'unité de Névado-Lubrín (NIJHUIS, 1964*b*;

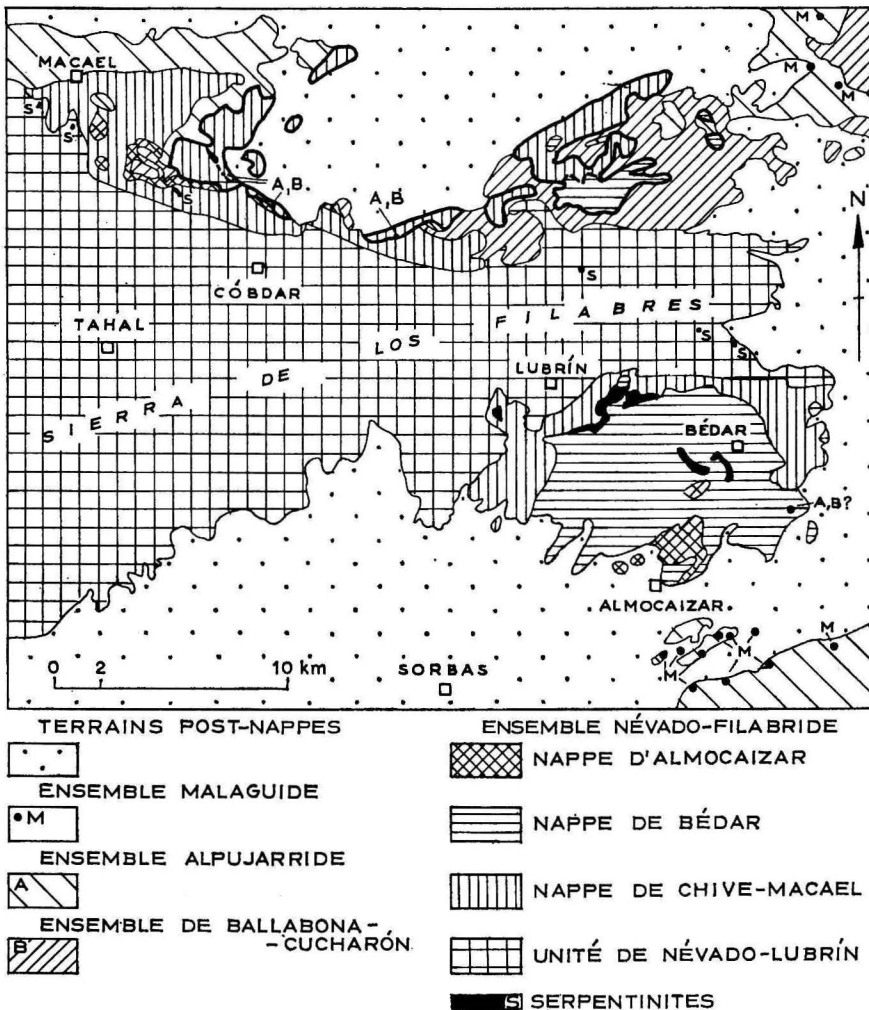


Fig. 7. Carte tectonique des parties centrale et orientale de la Sierra de los Filabres. D'après HELMERS & VOET (1967) (légèrement modifiée). Les klippes complexes (voir p. 73-76) sont encadrés gras.

HELMERS & VOET, 1967), à savoir (de bas en haut): l'unité de Chive, l'unité de Bédar et celle d'Almocaizar. A côté de nettes analogies dans les lithostratigraphies, l'on constate aussi la présence de différences significatives, en ce qui concerne tant les socles que les couvertures. Les séries des socles sont formées, du moins en partie, de micaschistes polymétamorphiques, contenant entre autres du disthène, de la staurotide et du grenat, tous de formation pré-alpine (NIJHUIS, 1964*b*; HELMERS & VOET, 1967). Cette série de schistes et de quartzites polymétamorphiques montre une ressemblance frappante avec le cristallin basal à grenat et à staurotide de l'ensemble alpujarride, considéré d'âge pré-silurien (voir plus loin, p. 38-40). Associées localement aux schistes et aux quartzites on trouve des roches carbonatées et amphibolitiques ¹⁾. Puis, les socles comprennent des gneiss contenant le plus souvent de la tourmaline, des gneiss granitiques et des métagranites qui, sur la base des recherches de NIJHUIS (1964*b*) dans la région de Lubrín-Bédar, sont considérés, en grande partie du moins, être d'origine granitique. Selon cet auteur, ces intrusions granitiques pourraient avoir occasionné, localement, un métamorphisme de contact avec formation de diopside dans les roches envahies. Il est probable que la vésuvianite, la fluorine, le grenat calcifère, le plagioclase non-zoné et les minéraux du groupe de la chondrodite, sont également des minéraux de métamorphisme de contact (voir HELMERS & VOET, 1967). Le développement lithostratigraphique des couvertures des unités névado-filabrides supérieures montre beaucoup de ressemblance avec celui de l'unité de Névado-Lubrín (voir fig. 6). Les épaisseurs des différentes séries sont cependant sensiblement moins fortes. On ne sait pas dans quelle mesure cela provient de causes stratigraphiques ou bien tectoniques.

Dans la région de Macael-Cóbdar, sur le versant Nord de la Sierra de los Filabres, VOET (1967) a distingué au-dessus de l'unité de Névado-Lubrín ²⁾ deux autres unités névado-filabrides, à savoir (de bas en haut): l'unité de Macael et l'unité de Huertecicas Altas. Les unités névado-filabrides sont recouvertes par des éléments de l'ensemble de Ballabona-Cucharón et/ou de l'ensemble alpujarride. Les unités névado-filabrides supérieures se terminent en biseau vers l'Est et vers l'Ouest. Au Nord de la région de Lubrín-Bédar, l'unité de Névado-Lubrín est recouverte directement par des éléments de la nappe de Ballabona de l'ensemble de

¹⁾ Le cristallin basal alpujarride des Sierras Alhamilla et Cabrera contient, quoique localement, aussi des marbres et des metabasites (ZECK, 1968; RONDEEL, 1965).

²⁾ Il faut aussi mentionner l'« unité de Secano », distinguée par VOET (1967), formée entièrement de roches de socle, qui repose au Sud de Macael sur des roches de l'unité de Névado-Lubrín. Il semble possible que l'on a affaire ici à une écaille entraînée du « cristallin de la Sierra Nevada », mais pour le moment cela n'est pas encore certain. La présence de cet élément étant local, nous n'insisterons pas là-dessus ici. Sur la carte structurale (fig. 7) il a été rangé provisoirement dans l'unité de Névado-Lubrín.

Ballabona-Cucharón ¹⁾ Immédiatement à l'Ouest de Macael l'unité de Névado-Lubrín est recouverte directement par une nappe alpujarride, *i.c.* la nappe de Variegato.

Frappantes dans la partie Nord de la Sierra de los Filabres sont les successions tectoniques « anormales », où des unités tectoniques originellement plus profondes recouvrent sur des grandes étendues des unités originellement moins profondes (fig. 7). Comme nous verrons après (voir p. 73-77) leur genèse est surtout attribuée à des translations relativement tardives, pendant lesquelles des parties de la succession de nappes, détachées de l'unité de Névado-Lubrín ont été déplacées sur une distance considérable vers le Nord (VOET, 1967). Les klippes complexes ainsi engendrées représenteraient donc des parties de la pile de nappes qui recouvrait originellement la partie plus centrale de la cordillère actuelle. En partant de ce raisonnement il a paru possible, en tenant compte évidemment aussi des analogies dans le développement lithologique, de mettre les unités névado-filabrides supérieures de la partie Nord de la Sierra de los Filabres en corrélation avec celles qui ont été distinguées dans la partie Sud-Est (HELMERS & VOET, 1967). L'unité de Macael et celle de Huertecicas Altas sont estimées être les équivalents respectifs des unités de Chive et d'Almocaizar de la région de Lubrín-Bédar. Dans la partie septentrionale de la Sierra de los Filabres l'unité de Bédar semble n'être représentée que dans l'Est, notamment dans la « Blanquizales secondary thrust mass » de BICKER (1966).

Comme HELMERS & VOET (1967, p. 250) l'ont exposé, il s'agit dans le cas des trois unités névado-filabrides supérieures de nappes. Par rapport à l'unité de Névado-Lubrín on ne peut encore rien dire de définitif à cet égard, vu le manque de données concernant le substratum de celle-ci. En résumé, on peut distinguer dans la Sierra de los Filabres les éléments névado-filabrides suivants :

- la nappe d'Almocaizar
- la nappe de Bédar
- la nappe de Chive-Macael
- l'unité de Névado-Lubrín

Plus à l'Ouest, dans la partie Nord de la Sierra de los Filabres, dans la région de Serón, LEINE (1966) a distingué deux unités névado-filabrides. La plus profonde de ces deux représente le prolongement de l'unité de Névado-Lubrín. Une corrélation directe de l'unité supérieure avec l'une des nappes névado-filabrides que nous venons de nommer, est impossible. Il semble toutefois probable que l'on a affaire ici à la nappe de Chive-Macael. En outre, il semble que dans la région en question, une unité

¹⁾ L'« unité de Lisbona » et l'« unité de Mateo » distinguées par BICKER (1966) dans la partie Nord-Est de la Sierra de los Filabres, au-dessus de l'unité de Névado-Lubrín, sont rangées par nous, suivant HELMERS & VOET (1967), dans la partie supérieure de la couverture de l'unité de Névado-Lubrín.

névado-filabride encore plus haute soit localement représentée. Cette unité peut probablement être corrélée avec la nappe d'Almocaizar (VOET, comm. pers.).

L'ENSEMBLE DE BALLABONA-CUCHARÓN

Dans cet ensemble ont été groupées un certain nombre d'unités apparentées, dont la position tectonique a été pendant longtemps très discutée et dont le rapport mutuel n'est pas encore tout-à-fait certain. Tout d'abord, nous avons attribué les séries en question en partie à l'ensemble alpujarride et avons cru qu'elles représentaient aussi en partie un nouvel élément dans la Zone Bétique (voir aussi fig. 8).

Les unités à ranger dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón sont en grande majorité formées de sédiments d'âge triasique qui ont subi un métamorphisme régional alpin épizonal. Jusqu'à présent on n'a encore trouvé nulle part de roches qui représenteraient un socle. Dans la région d'exploration l'on a trouvé jusqu'ici des éléments attribuables à l'ensemble de Ballabona-Cucharón dans la Sierra de Almagro et dans les Sierras au Nord-Est de celle-ci, à savoir dans les Sierras de Enmedio, de Carrascoy, de Orihuela et de Callosa de Segura, puis dans la partie Nord de la Sierra de los Filabres.

Etant donné que pendant les recherches, les idées sur l'âge et la position tectonique de certaines séries à ranger dans cet ensemble ont subi une modification, il semble opportun de résumer brièvement le développement des idées à ce propos.

Dans la Sierra de Almagro, SIMON (1963) a distingué tout d'abord les éléments tectoniques suivants:

Bétique de Málaga	}	complexe alpujarride
l'unité de Variegato		
l'unité de Cucharón		
l'unité de Ballabona		
l'unité d'Almagro		

Les unités de Ballabona et de Cucharón de SIMON sont formées toutes deux d'une série quartzito-phyllitique avec intercalations de gypse et de roches carbonatées (en bas) et une série calcaréo-dolomitique (en haut), séries pour lesquelles on a admis respectivement — pour des motifs lithologiques — un âge permo-triasique et un âge allant du Trias moyen au Trias supérieur. Ensuite, vu la présence de roches oolitiques dans la partie la plus haute de la série carbonatée de l'unité de Cucharón, on a admis aussi la possibilité d'une présence de roches jurassiques. Puis l'on a trouvé fréquemment, dans les deux unités, des intrusions basiques auxquelles on a provisoirement attribué un âge mésozoïque. On ne saurait méconnaître, dans la Sierra de Almagro, une différence dans le développement lithologique et dans le degré de recristallisation métamorphique, entre les séries de ces deux unités. Vues dans un cadre structural plus régional les

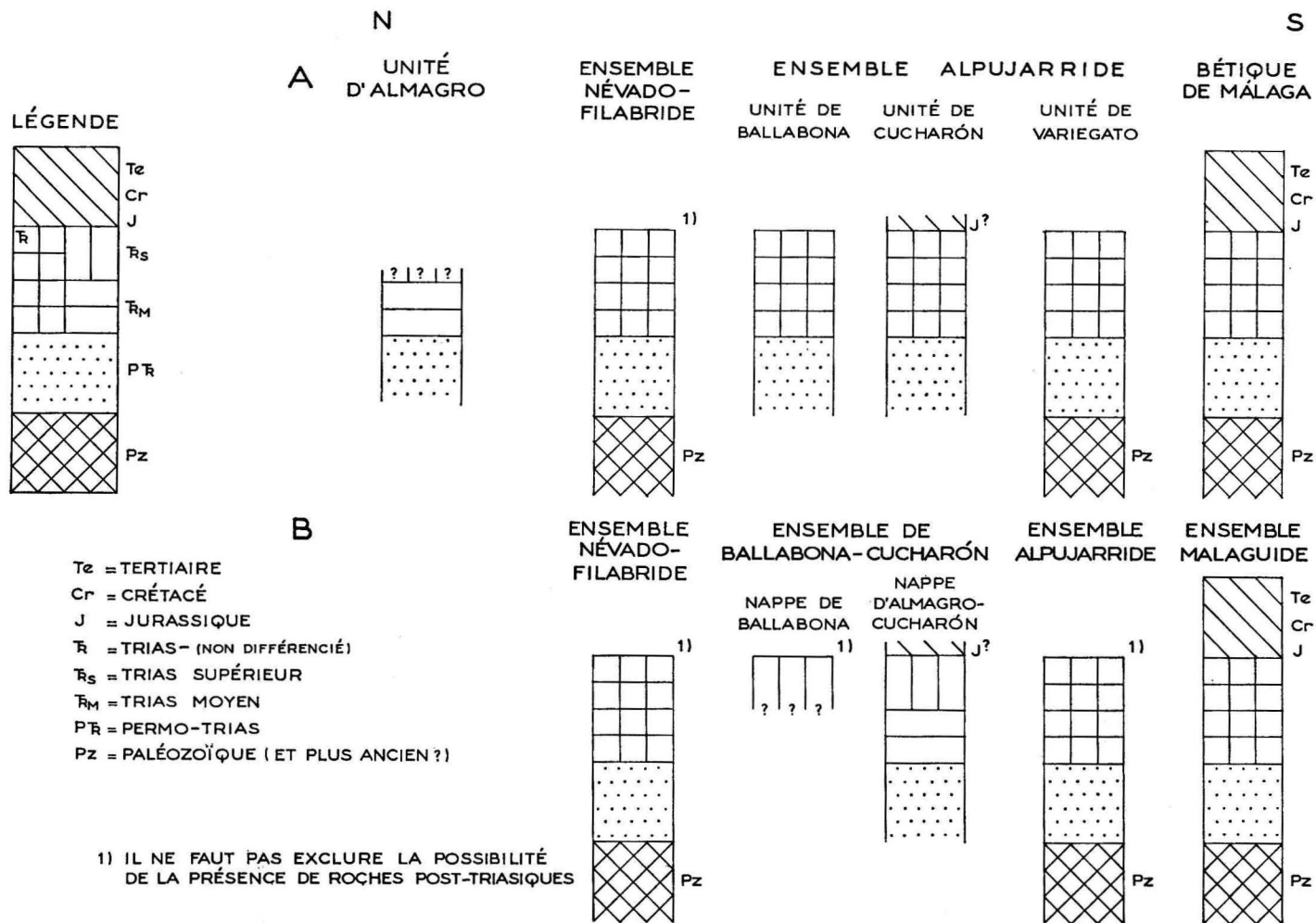


Fig. 8. Aperçu très schématique de la composition des grands ensembles tectoniques de la Zone Bétique et de leurs rapports paléogéographiques mutuels (pas à échelle). A. Selon l'interprétation de SIMON (1963); B. Selon la conception exposée dans la présente publication. Les intrusions basiques n'ont pas été présentées.

analogies parurent toutefois si marquantes que SIMON (1963) les considéra comme éléments d'une unité majeure, à savoir son « unité de Ballabona-Cucharón ». Les roches en question furent censées avoir été déposées en position plus interne que celles des unités névado-filabrides et plus externe que celles de son unité alpujarride de Variegato (fig. 8). Puis l'unité de Ballabona fut qualifiée de plus externe que l'unité de Cucharón. Le fait que, dans de grandes parties de la Sierra de Almagro, l'unité de Ballabona paraît avoir chevauché sur ou contre l'unité de Cucharón, a été attribué à des mouvements relativement tardifs.

L'unité d'Almagro de SIMON (1963) est composée d'une série de quartzites avec, par-dessus, une série carbonatée. Le gypse se présente, localement en grandes quantités, sur la limite entre la série quartzitique et la série carbonatée et aussi intercalé dans cette dernière série. Pour des raisons fauniques et lithologiques on a attribué à la série quartzitique et à la série carbonatée respectivement un âge permo-triasique et un âge triasique moyen, admettant la possibilité que les roches carbonatées les plus hautes appartiennent déjà au Trias supérieur (SIMON, 1963, p. 106; voir aussi VAN DEN BOOGAARD, 1966 et SIMON, 1966b). Des intrusions basiques, provisoirement considérées d'âge mésozoïque, sont très répandues. SIMON (1963, 1964) avait supposé d'abord que son unité d'Almagro formerait un nouvel élément structural dans les Cordillères Bétiques, dont les roches avaient été déposées au Nord de celles de l'ensemble névado-filabride. Or, l'on a constaté que la série d'Almagro n'affleure pas seulement dans la Sierra de Almagro, mais aussi, et sur des étendues considérables, dans la Sierra de Enmedio (SIMON, 1964) et dans la Sierra de Carrascoy.

Dans la Sierra de Carrascoy, plusieurs unités tectoniques sont représentées (AZÉMA *et al.*, 1965), que l'on peut corrélérer avec celles de la Sierra de Almagro (BODENHAUSEN & SIMON, 1965). L'étude de détail de la Sierra de Carrascoy a démontré que l'unité de Cucharón ne représente pas un élément tectonique indépendant, mais que les roches en question font partie du même élément structural que l'unité d'Almagro, dont elles constituent la partie stratigraphique supérieure (SIMON, 1966a; voir aussi fig. 8). Ce fait indique — contrairement à la conception antérieure — un âge en majeure partie triasique supérieur pour la série de Cucharón (fig. 9). Il y a lieu d'admettre que, dans la Sierra de Almagro, la série de Cucharón s'est décollée de sa « base » d'Almagro. Tout cela a conduit à séparer les roches de l'« unité de Cucharón » et les éléments comparables du complexe alpujarride (SIMON, 1966a). Pour l'unité tectonique à laquelle appartiennent les séries d'Almagro et de Cucharón, on a introduit le nom d'unité d'Almagro-Cucharón (SIMON, 1966b). Cette unité peut être suivie au Nord-Est de la Sierra de Carrascoy, dans la Sierra de Orihuela, dans la Sierra de Callosa de Segura et aussi dans quelques affleurements épars entre Callosa de Segura et Albatera. Dans l'une de celles-ci (à environ 1.5 km au Sud-Ouest de Albatera) un des auteurs (O.J.S.) a trouvé, dans la série carbonatée qui s'y trouve et qui peut être considérée de former

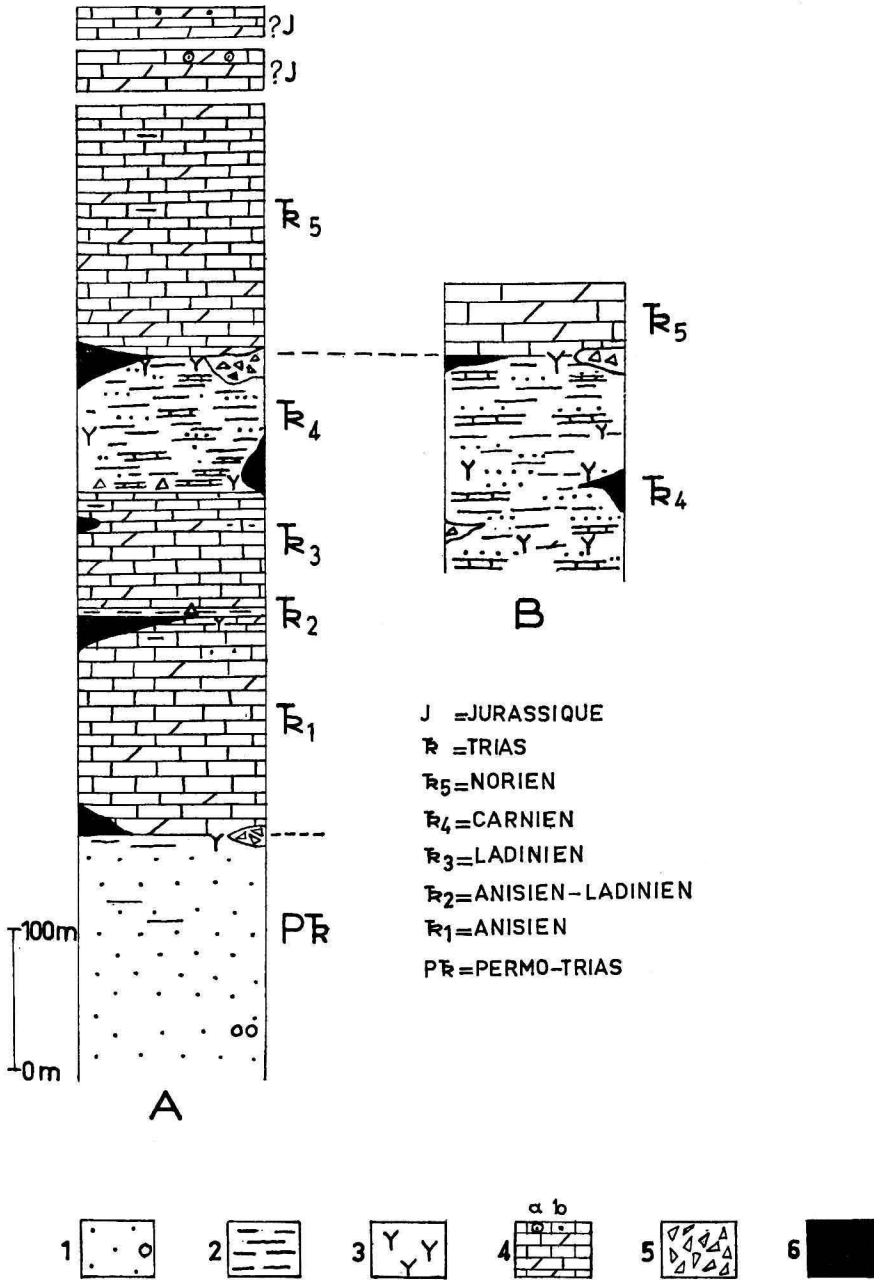


Fig. 9. Colonnes stratigraphiques, composites et schématisées, de la nappe d'Almagro-Cucharón (A) et de la nappe de Ballabona (B) de l'ensemble de Ballabona-Cucharón, dans la région d'exploration. D'après SIMON (1966b).

1. quartzites et conglomérats; 2. schistes; 3. gypse; 4. roches carbonatées (a. (pseudo-) oolitiques, b. brèches sédimentaires); 5. cargneules; 6. metabasites.

la partie la plus haute de la série d'Almagro-Cucharón, des intercalations de brèches sédimentaires contenant, entre autres, des fragments de roches oolitiques. En se basant sur ces observations, il semble plausible que cette partie de l'unité d'Almagro-Cucharón possède déjà un âge jurassique (voir aussi p. 51).

Dans la partie Sud-Ouest de la Sierra de Carrascoy apparaît en outre une série qui, du point de vue lithologique, ressemble à la partie supérieure de l'unité d'Almagro-Cucharón, mais dont les roches ont subi un degré de recristallisation plus élevé. L'on présume que cet élément représente l'équivalent tectonique de l'unité de Ballabona de la Sierra de Almagro (SIMON, 1967; voir aussi BODENHAUSEN & SIMON, 1965). Malheureusement, la relation initiale avec l'unité d'Almagro-Cucharón paraît avoir été perturbée par des mouvements tardifs.

Dans l'Ouest de la Sierra de Almagro, l'unité d'Almagro-Cucharón disparaît sous des roches de l'ensemble alpujarride. Il n'est pas exclu par ailleurs que certaines séries à l'Est d'Albox appartiennent à cette unité.

L'unité de Ballabona se poursuit à l'Ouest de la Sierra de Almagro dans la partie Nord de la Sierra de los Filabres jusqu'à quelques cinq kilomètres à l'Ouest de Líjar (environ 4 km au Nord de Cóbдар) (BICKER, 1966; VOET, 1967; HELMERS & VOET, 1967). Tandis que la série de Ballabona est encore en grande partie complète dans la partie Nord-Est de la Sierra de los Filabres, elle a subi plus à l'Ouest une forte réduction tectonique et n'est plus représentée que par des brèches tectoniques riches en carbonate (cargneules)¹). Du point de vue régional, l'unité de Ballabona se place toujours entre les éléments névado-filabrides (au-dessous) et ceux de l'unité alpujarride de Variegato (au-dessus). Aux environs de Macael, l'unité de Ballabona est absente. A 6 km environ à l'Ouest de cette petite ville on trouve, en position tectonique identique, un élément que LEINE

¹) On trouve des brèches riches en carbonate dans tous les ensembles tectoniques de la Zone Bétique. Dans les unités de l'ensemble de Ballabona-Cucharón elles sont de beaucoup les plus fréquentes. Ce sont en partie les roches bizarres de composition hétérogène qui, en raison de leur aspect souvent pseudo-conglomératique ont été fréquemment désignées dans la littérature sur les Cordillères Bétiques sous le nom de « konglomeratische Mergel » (« marnes conglomératiques »). Ces types hétérogènes sont parfois étroitement associés et même reliés par des transitions avec des brèches dolomitiques homogènes qui ont été souvent distinguées comme « Rauh-wacken » (cargneules). La présence et la genèse des brèches riches en carbonate, prises dans le sens le plus large, forme le sujet d'une étude spéciale par notre collaborateur LEINE (1968), qui a englobé dans ses recherches tous les ensembles tectoniques de l'orogène bétique. Quant à la nomenclature, LEINE est d'avis que non seulement les brèches homogènes mais aussi les brèches hétérogènes répondent à la notion de cargneule telle que celle-ci s'est historiquement développée. C'est la raison pour laquelle il fait une distinction entre les cargneules monogéniques et polygéniques. L'origine tectonique des diverses cargneules dans les ensembles de la Zone Bétique, est bien certaine (voir aussi LEINE & EGELER, 1962). Pour des précisions quant à leur formation par rapport à la tectonique de charriage, voir p. 65-66.

(1966) a distingué sous le nom d'« unité de Tetica »¹⁾. Cette unité fait sans aucun doute partie de l'ensemble de Ballabona-Cucharón. Il reste à savoir si l'on a affaire ici à une continuation vers l'Ouest de l'unité de Ballabona ou à la partie supérieure de l'unité d'Almagro-Cucharón.

Ainsi qu'il ressort de ce qui précède nous sommes en faveur d'une corrélation entre la série de Ballabona et la partie supérieure de la série d'Almagro-Cucharón, ce qui mène à admettre un âge en majeure partie triasique supérieure pour les sédiments de l'unité de Ballabona (voir aussi SIMON, 1967)²⁾.

En résumé, on peut donc constater que, en dehors d'arguments non-décisifs tels que l'étroite association sur le terrain et le degré comparable de métamorphisme alpin, l'incorporation de l'unité de Ballabona et de l'unité d'Almagro-Cucharón en un grand ensemble tectonique est surtout basée sur la frappante ressemblance du développement lithologique entre la série de Ballabona d'une part et la partie supérieure de la série d'Almagro-Cucharón d'autre part. Ce dernier point mène à l'interprétation d'une relation de dépôt assez étroite pour les roches en question.

A notre avis le large éparpillement et la position de l'unité de Ballabona dans la Sierra de los Filabres, ne laisse subsister aucun doute quant au caractère de nappe (voir aussi BICKER, 1966; VOET, 1967; HELMERS & VOET, 1967). Il s'agit ici d'une nappe de couverture, apparemment décollée le long d'un des horizons gypseux du Trias supérieur³⁾. Cette interprétation implique donc que l'unité d'Almagro-Cucharón doit, elle aussi, être considérée comme une nappe.

Bien que, ainsi qu'il ressort de ce qui précède, la différence entre la nappe de Ballabona et la nappe d'Almagro-Cucharón soit très nette dans certaines parties de notre région d'exploration, il n'en est certainement pas le cas partout. On rencontre notamment des difficultés aux endroits où les séries en question sont à tel point réduites qu'il ne subsiste que des cargneules, de sorte que l'on ne peut plus établir une corrélation directe avec des séquences plus complètes⁴⁾ De même, là où une série carbonatée s'est conservée plutôt que la série quartzito-phyllitique, l'identification peut présenter des difficultés, attendu que l'examen des séries carbonatées des unités n'a pas encore donné de critères diagnostiques.

1) Dans une publication antérieure (LEINE & EGELER, 1962) elle a été nommée « lower Alpujarride unit » (unité alpujarride inférieure).

2) Se fondant sur des motifs lithologiques pour la formation quartzito-phyllitique et pour la formation carbonatée de son unité de Ballabona, BICKER (1966) conclut à des âges respectifs permo-triasique et triasique moyen à triasique supérieur (voir aussi VOET, 1967).

3) Ici, une comparaison s'impose avec la « Nappe des Gypses » de la Vanoise (ELLENBERGER, 1958).

4) Le degré de recristallisation des fragments phyllitiques et des fragments quartzitiques des cargneules ne fournit pas, à cet égard, un critère décisif. Tant dans l'unité de Ballabona (BICKER, 1966) que dans l'unité d'Almagro-Cucharón, le degré de recristallisation s'avère varier beaucoup. On admet que ce phénomène dépend surtout de la présence, oui ou non, de gypse.

L'ENSEMBLE ALPUJARRIDE

Dans la région d'étude, à savoir dans la Sierra de las Estancias, la Sierra de Carrascoy, la Sierra de Almagro, la partie Nord de la Sierra de los Filabres, la Sierra de Almagrera, et les Sierras Cabrera et Alhambilla, affleurent sur de grandes étendues des séries qui montrent une analogie lithologique frappante avec la série considérée comme « typiquement alpujarride » de la nappe de Lanjarón (= Gádor) affleurant entre autres dans Las Alpujarras (voir VAN BEMMELEN, 1927; WESTERVELD, 1929). Dans tous ces éléments qu'il faut ranger dans l'ensemble alpujarride, on peut distinguer un socle pré-permo-triasique, dont les roches ont subi, en partie au moins, un métamorphisme pré-alpin mésozonal, et une couverture formée de roches du Permo-Trias et du Trias moyen à supérieur, présentant un faible degré de métamorphisme cinématique d'âge alpin ¹⁾.

La séquence alpujarride a été reconnue dans la région d'exploration, pour la première fois dans la Sierra de Almagro, et incorporée dans l'unité de Variegato (SIMON, 1963) ²⁾. Vers l'Ouest, cette unité se poursuit, avec quelques interruptions dans la partie septentrionale de la Sierra de los Filabres jusqu'à la région de Serón (LEINE, 1966 ³⁾; BICKER, 1966; VOET, 1967; VOET & HELMERS, 1967). Du point de vue régional, l'unité de Variegato repose tectoniquement sur des éléments de l'ensemble de Ballabona-Cucharón; son caractère de nappe est donc bien certain. Une corrélation directe entre la nappe de Variegato et les éléments alpujarrides que l'on trouve ailleurs dans la région d'étude, est impossible du fait d'un recouvrement par des terrains post-nappes très étendus. L'analogie lithostratigraphique singulièrement frappante des séries comparables des éléments dont il s'agit, suggère qu'elles font partie d'une seule unité, à savoir la nappe de Variegato. D'autre part, l'on ne saurait exclure, notamment dans la région de las Estancias, qu'un élément alpujarride plus élevé se trouve ici représenté (voir aussi LEINE, 1968). A cet égard nous nous référons à la présence de deux nappes « typiquement alpujarrides », par exemple dans la Sierra de Baza, située plus vers l'Ouest (JANSEN, 1936). L'ensemble alpujarride est tectoniquement recouverte, entre autres dans les Sierras de las Estancias et de Carrascoy, par des éléments de l'ensemble malaguide.

La stratigraphie alpujarride la plus complète et la moins perturbée de la région étudiée est développée dans la Sierra de las Estancias (DE VRIES & ZWAAN, 1967; voir fig. 10). La partie basale du socle comprend ici des micaschistes grenatifères et des quartzites. Ceux-ci sont recouverts en

¹⁾ Dans la Sierra de las Estancias, un métamorphisme statique, qui a produit, entre autres, de l'andalousite et de cordiérite, se trouve superposé localement sur le métamorphisme cinématique d'âge alpin (DE VRIES & ZWAAN, 1967; voir p. 80).

²⁾ Comme déjà dit (p. 33) certains éléments tectoniques affleurant dans la Sierra de Almagro, ont été rangés tout d'abord dans l'ensemble alpujarride, mais en ont été séparés ensuite pour être classés dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón.

³⁾ Appelée « higher Alpujarride unit » (unité alpujarride supérieure) dans une publication antérieure (LEINE & EGELER, 1962).

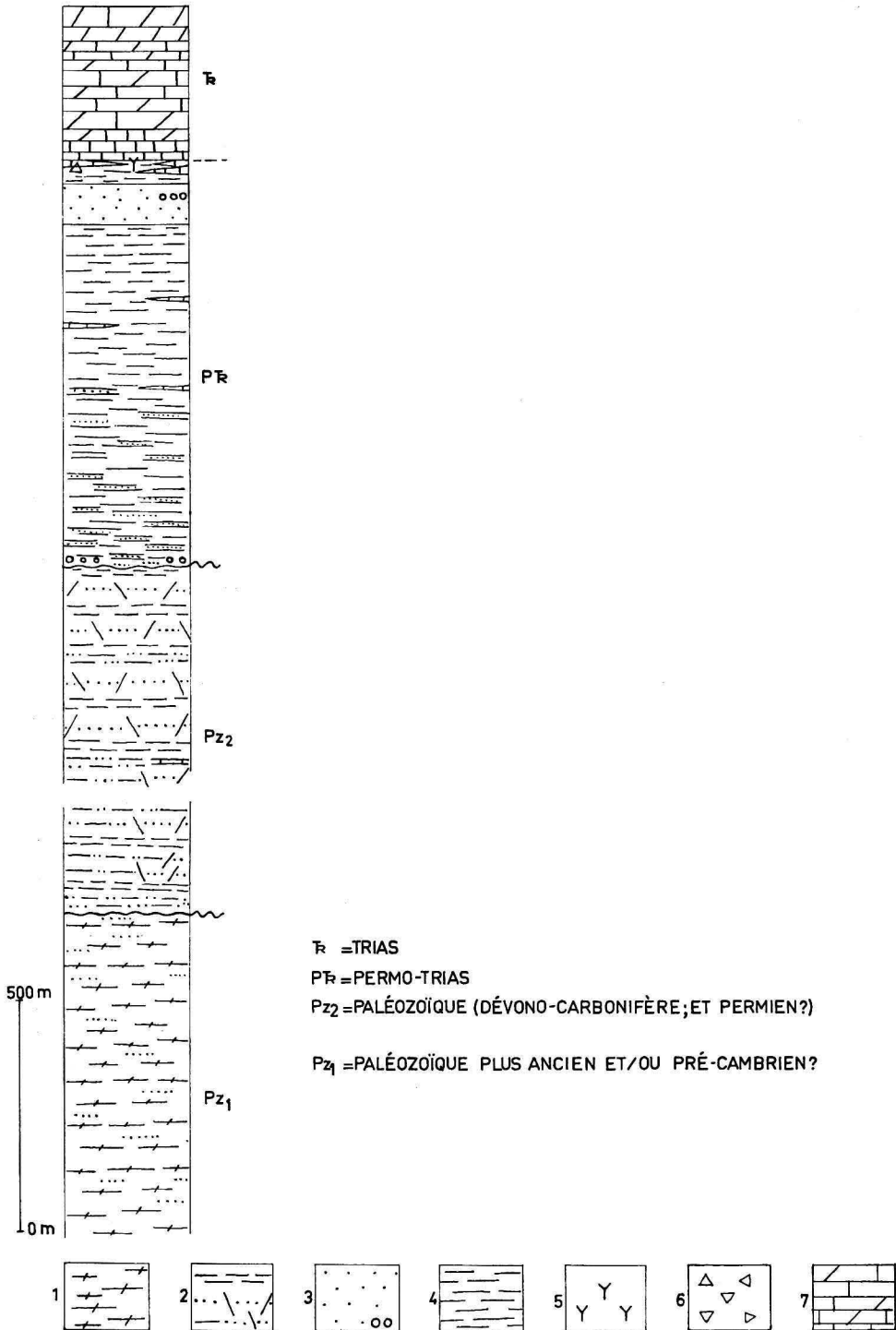


Fig. 10. Colonne stratigraphique, composite et schématisée, de l'ensemble alpujarride, dans la Sierra de las Estancias. D'après DE VRIES & ZWAAN (un peu modifiée).
 1. micaschistes (à grenat); 2. phyllites, quartzites et métagrauwackes; 3. quartzites et conglomérats; 4. phyllites; 5. gypse; 6. cargneules; 7. roches carbonatées marmoréennes.

discordance par une série assez monotone de phyllites et quartzites, ainsi que des roches qui sont apparemment issues de dépôts à caractère de grauwackes. Celles-ci ont été mises provisoirement en corrélation avec celles de la formation de grauwackes, qui dans la partie Est de la Zone Bétique, fait partie de l'ensemble malaguide (voir entre autres MAC-GILLAVRY *et al.*, 1960; DE BOOY & EGELER, 1961). Des recherches récentes ont démontré que cette formation de grauwackes malaguide possède, dans la région de Vélez Rubio, un âge essentiellement dévonien supérieur à carbonifère (voir p. 44). Pour cette raison on admet provisoirement le même âge, pour la plus grande partie tout au moins, de la formation à phyllites, quartzites et métagrauwackes du socle alpujarride. Quant à l'âge des schistes et quartzites basaux on peut seulement constater qu'ils sont plus anciens. On a avancé des arguments en faveur d'un âge présilurien pour leurs roches d'origine ainsi que pour leur métamorphisme mésozonal (voir entre autres COPPONEX, 1958; EGELER, 1963). La couverture de la nappe alpujarride comprend deux lithologies nettement distinctes. La partie inférieure consiste en une succession barrilée de roches surtout quartzitiques et phylliteuses, qui semble recouvrir en discordance la série phyllito-quartzitique du socle. Son terme basal est par endroits conglomératique. Son terme le plus haut est formé de phyllites de couleur bleue à violette qui, aussi bien dans la région étudiée comme en dehors d'elle passent pour être les roches les plus caractéristiques de l'ensemble alpujarride. En quelques endroits on rencontre du gypse et des cargneules dans la partie supérieure de ce terme phylliteux ¹⁾. En remontant la série, les roches phylliteuses passent graduellement à des roches carbonatées avec une cristallinité variable. A deux cents mètres environ de la base de la série carbonatée on a trouvé des Algues, parmi lesquelles *Diplopora annulata* SCHAFFH. (DE VRIES & ZWAAN, 1967). Ceci démontre la présence du Ladinien. Vu la corrélation avec des séries alpujarrides datées ailleurs dans la Zone Bétique (voir entre autres SIMON, 1963, p. 39-44), il semble très probable que la partie inférieure de la formation carbonatée comprend aussi de l'Anisien, tandis que la possibilité ne doit pas être exclue que la partie supérieure comporte aussi des roches d'âge triasique supérieur. L'absence de fossiles laisse encore incertain l'âge de la formation phyllito-quartzitique sous-jacente; en raison de ce qui précède, un âge permotriasique semble vraisemblable, ainsi qu'il est d'ailleurs généralement admis. Cela signifierait que le gypse que l'on trouve dans la partie la plus haute de la série phyllito-quartzitique est d'âge triasique inférieur (voir aussi p. 28). Dans la partie Nord de la Sierra de las Estancias on trouve fréquemment, dans la série alpujarride, des filons basiques. Leur âge est incertain. Il a paru cependant qu'ils sont plus jeunes que le métamorphisme alpin cinématique, de sorte que l'on peut estimer qu'ils ont

¹⁾ RONDEEL (1965) a décrit des intercalations de gypse, dans la Sierra Cabrera, dans la partie inférieure de la série carbonatée alpujarride. Ailleurs dans cette chaîne, cette série contient dans sa partie basale, des intercalations phylliteuses.

été formés après la mise en place de la nappe alpujarride (voir aussi FERNEX, 1964c; PAVILLON, 1966). Ailleurs dans l'ensemble alpujarride, à savoir dans la Sierra Cabrera et dans l'Ouest de la Sierra de Almagro, on a trouvé très localement des intrusions basiques, qui ont subi le métamorphisme régional alpin, et auxquelles on peut, provisoirement, attribuer un âge mésozoïque (RONDEEL, 1965; BICKER, 1966).

Dans d'autres parties de la région étudiée, la succession alpujarride est partout moins complète que dans la Sierra de las Estancias. Il va de soi que des différences dans le développement stratigraphique y peuvent jouer un rôle. La cause principale est cependant, sans aucun doute, d'ordre tectonique. Ceci se relève entre autres dans la Sierra de Almagro et dans la partie Nord de la Sierra de los Filabres. Ici, des phyllites bleu-violettes, très réduites en épaisseur et souvent accompagnées de termes de leur couverture carbonatée, reposent généralement directement sur des roches appartenant à des ensembles tectoniques plus profonds. Par endroits, aussi, le cristallin du socle se rencontre en masses assez grandes. Sont absentes, par contre, plus souvent la partie faiblement métamorphisée de ce socle ainsi que la partie inférieure de la formation phyllito-quartzitique de la couverture. Un aspect identique se retrouve dans la Sierra de Almagro et dans les Sierras Cabrera et Alhamilla. Dans ces dernières chaînes le cristallin basal, qui contient ici, outre des micaschistes (parfois à grenat) et des quartzites, par endroits aussi des marbres, des gneiss et des metabasites (voir entre autres RONDEEL, 1965; ZECK, 1968), présente un développement particulièrement épais. D'autre part, les équivalents de la série phyllito-quartzitique et des méta-grauwackes, présumée du Dévono-Carbonifère, de la succession de la Sierra de las Estancias n'ont encore été distingués que par endroits jusqu'à présent. De même que dans la partie septentrionale de la Sierra de los Filabres, les roches mésométamorphiques du socle alpujarride se trouvent souvent immédiatement recouvertes par les phyllites bleues et violettes typiques du Permo-Trias et parfois même immédiatement par les roches carbonatées de la couverture.

A notre avis, l'absence frappante de continuité structurale qui caractérise, en bien des endroits, les successions alpujarrides doit être attribué à un décollement, qui ne s'est apparemment pas limité à un seul horizon, mais qui semble quand-même lié surtout aux niveaux pélimitiques de la série permo-triasique. On a l'impression que les parties supérieures de la couverture ont été souvent déplacées sur une distance considérable par rapport aux parties inférieures. Ces dernières sont apparemment restées plus ou moins solidaires du socle et fortement réduites en même temps que la partie supérieure de celle-ci.

L'ENSEMBLE MALAGUIDE

Comme il a été déjà dit (p. 18), l'existence d'une unité tectonique majeure surmontant l'ensemble alpujarride (= « nappes bétiques » de BROUWER) a été reconnue pour la première fois par BROUWER (1926a, c, d;

voir aussi VAN BEMMELEN, 1927) et indiquée par lui comme « nappe subbétique » (fig. 4 et fig. 5A). Des investigations ultérieures (BLUMENTHAL, 1928, 1933a; BLUMENTHAL & FALLOT, 1935; voir aussi ALDAYA, 1966; FONTBOTÉ & GARCIA-DUEÑAS, 1968) ont révélé qu'une partie des séries de la « nappe subbétique » de BROUWER — à savoir les roches mentionnées sous 2. de la figure 4 — appartiennent au Bétique de Málaga (= la nappe de Málaga), défini par BLUMENTHAL (1927, 1930), c'est-à-dire à la zone interne des Cordillères Bétiques ¹). L'autre partie de la « nappe subbétique » de BROUWER — à savoir les roches mentionnées sous 1. de la figure 4 — appartient à la zone externe, *i.e.* à la zone subbétique dans le sens de FALLOT (1948; voir aussi p. 15). Le Bétique de Málaga a sa plus grande extension dans la province de Málaga. Des affleurements de cet ensemble ont en outre été trouvés plus à l'Est, dans une zone étroite, qui s'étend de Cogollos-Vega vers la Sierra de Espuña, puis encore dans de nombreux affleurements éparpillés des deux côtés de l'axe Sierra Nevada—Sierra de los Filabres—Sierra de la Almenara. En considérant le caractère composite du complexe en question, DURAND DELGA (1968) lança le terme de Malaguïdes. Conformément à cela nous parlons dans la présente publication de l'ensemble malaguïde.

Dans la région étudiée des séries de cet ensemble malaguïde sont représentées au Nord de l'axe Sierra Nevada—Sierra de los Filabres, dans le corridor de Vélez Rubio, dans la Sierra de Carrascoy et dans la Sierra de Almagro, puis au Sud de cet axe dans les Sierras Cabrera et Alhamilla. Tous les éléments en question, à l'exception de ceux de la Sierra Alhamilla, comprennent des roches du socle aussi bien que de la couverture. Dans le corridor de Vélez Rubio et dans la Sierra de Carrascoy, la position tectonique de l'ensemble malaguïde sur l'ensemble alpujarride se manifeste clairement. Dans les autres régions nommées ci-dessus, les roches des deux ensembles ont été fortement imbriquées et la superposition originelle ne se laisse souvent reconnaître que par voie indirecte (voir entre autres DE BOOY & EGELER, 1961). Les roches des unités « typiquement malaguïdes » n'ont pratiquement pas été affectées par le métamorphisme régional d'âge alpin.

La fig. 11 montre des colonnes stratigraphiques schématisées de l'ensemble malaguïde dans le corridor de Vélez Rubio et dans le Nord-Ouest de la Sierra Cabrera. Dans la région étudiée on n'a pas trouvé, jusqu'à présent, de roches cristallines qui puissent être attribuées au socle malaguïde ²). Dans le corridor de Vélez Rubio, où le socle est le plus complet, celui-ci comprend des grès, des grauwaïckes, des schistes argileux, des

¹) Monsieur le professeur BROUWER nous a suggéré récemment le nom de « nappe suprabétique » pour l'élément en question, cela en harmonie avec son terme de « nappes bétiques » (comm. pers.).

²) Les grauwaïckes d'âge dévono-carbonifère du socle malaguïde contiennent bien, il est vrai, du détritit d'origine métamorphique, parmi lequel du grenat (voir entre autres MACGILLAVRY *et al.*, 1960; DE BOOY & EGELER, 1961).

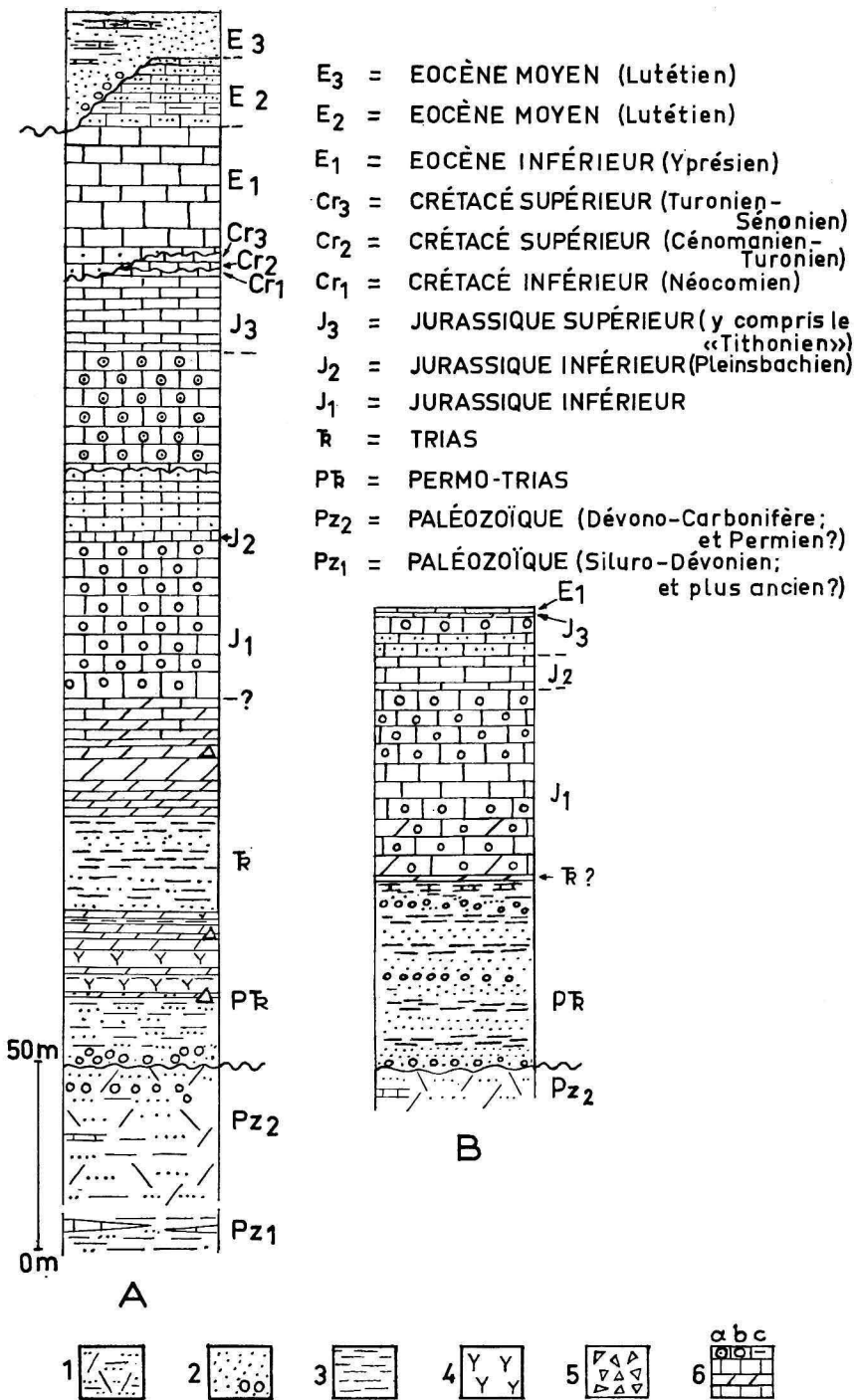


Fig. 11. Colonnes stratigraphiques, composites et schématisées, des unités « typiquement malaguides », dans la région de Vélez Rubio (A) et dans la partie Nord-Ouest de la Sierra Cabrera (B); respectivement d'après MACGILLAVRY *et al.* (1963) et RONDEEL (1965) (avec quelques modifications; voir aussi le texte).

1. grauwackes, grès et schistes; 2. grès et conglomérats; 3. schistes; 4. gypse; 5. cargneules; 6. roches carbonatées (a. calcaires oolitiques, b. calcaires pseudo-oolitiques, c. marno-calcaires).

roches carbonatées, des conglomérats et des lydiennes. La détermination de la succession stratigraphique est rendue difficile par une tectonisation extrêmement violente¹⁾. Jusqu'à présent dans les roches carbonatées de la partie inférieure de la série, des « orthocères » (MACGILLAVRY & GEEL, 1960-1962) ont été trouvés, et une faune de conodontes qui trahit la présence de Silurien supérieur (VAN DEN BOOGAARD, 1965). Des roches carbonatées, aux environs de Xiquena (à 12 km à peu près au Nord-Est de Vélez Rubio), contiennent *Novakia sp.* indiquant la présence du Dévonien, puis des Trilobites (MACGILLAVRY *et al.*, 1960). Une intercalation de roches carbonatées dans des schistes (à 4 km environ au Nord-Est de Vélez Rubio), a fourni des conodontes qui indiquent un âge famennien inférieur (VAN DEN BOOGAARD, 1965). La partie supérieure du socle est formée d'une série principalement composée de grauwackes et ensuite de conglomérats, de grès, de schistes argileux et de roches carbonatées (parmi lesquelles ce qu'on appelle « calizas alabeadas »). Des structures sédimentaires, parmi lesquelles des « sole markings » bien développés, trahissent un dépôt par courants de turbidité des grauwackes et d'une partie au moins des grès. La série de grauwackes contient par endroits des restes de plantes. Dans la région de Vélez Rubio on trouve, dans sa partie supérieure un conglomérat polygène typique (comm. pers. Mlle T. GEEL) avec des fragments calcaireux qui contiennent des gastéropodes, des coraux et des tiges de crinoïdes, de même que des foraminifères (*Endothyra sp.?*) (MACGILLAVRY *et al.*, 1960). Des roches analogues de la partie Ouest de la Zone Bétique, décrites sous le nom « conglomérat de Marbella » (voir entre autres BLUMENTHAL, 1949; MICHELAU, 1942), contiennent également des fragments calcaireux, avec une faune qui, selon AZÉMA (1961) indique un âge entre le Viséen moyen et le Westphalien supérieur. L'âge de la partie supérieure du socle malaguide peut, comme cela a été fait jusqu'à présent par la majorité des chercheurs être attribué au Dévono-Carbonifère, tout en laissant la possibilité d'une présence de roches représentant le Permien. La partie inférieure du socle malaguide dans la région de Vélez Rubio possède, selon toute probabilité, un âge siluro-dévonien. Dans la Sierra de Almagro (DE BOOY & EGELER, 1961; SIMON, 1963; BICKER, 1966), la Sierra de Carrascoy (SIMON, 1967) et la Sierra Cabrera (DE BOOY & EGELER, 1961; RONDEEL, 1965), ce socle comprend apparemment uniquement des roches de la série de grauwackes.

Le contact entre socle et couverture est difficile à interpréter à la suite de l'influence, souvent très forte, exercée par les mouvements alpins. La plupart des chercheurs présument une discordance angulaire relativement peu importante (voir entre autres MACGILLAVRY *et al.*, 1960; ROEP & MACGILLAVRY, 1962; MACGILLAVRY, 1964; SIMON, 1963). Le développe-

1) Le résultat d'une étude détaillée là-dessus, effectuée par Mlle T. GEEL, paraîtra sous peu.

ment de la série de couverture dans la Sierra de Almagro est presque identique à celui du corridor de Vélez Rubio et de la partie Nord-Ouest de la Sierra Cabrera (voir fig. 11), mais avec plus de réduction (DE BOOY & EGELER, 1961). Dans la région étudiée on n'a pas encore trouvé de fossiles déterminables dans la partie basale de la couverture des éléments « typiquement malaguides ». Cette partie basale est formée de conglomérats, de grès, de schistes argileux, de gypse et de roches carbonatées, auxquels on attribue, d'une façon générale et pour des motifs lithologiques, un âge permo-triasique et triasique moyen à supérieur. Dans l'Ouest de la Sierra Alhamilla, des roches carbonatées marneuses bien litées, trouvées au-dessus des grès, ont fourni une faune indiquant un âge triasique moyen à supérieur (DE BOOY & EGELER, 1961; VAN DEN BOOGAARD, 1966; SIMON, 1966b; HIRSCH, 1966). Les roches en question font très probablement partie d'une unité intermédiaire que l'on range, pour le moment encore, dans l'ensemble malaguide (voir p. 47-49). La partie plus haute de la couverture malaguide, formée de roches du Jurassique, du Crétacé et du Tertiaire, présente en majeure partie un développement carbonaté (voir fig. 11). Ce qui frappe surtout dans la région étudiée, c'est la faible épaisseur de la partie post-triasique de la couverture; dans la région de Vélez Rubio cette épaisseur est de 170 m au plus (MACGILLAVRY *et al.*, 1963); dans la partie Nord-Ouest de la Sierra Cabrera elle est d'environ 60 m (RONDEEL, 1965), et dans la Sierra de Almagro elle dépasse rarement une dizaine de mètres (DE BOOY & EGELER, 1961; SIMON, 1963). Les différences dont il est question sont estimées être essentiellement d'origine stratigraphique, mais la tectonisation a joué également un rôle (DE BOOY & EGELER, 1961; MACGILLAVRY & GEEL, 1960-1962).

Dans les séries malaguides du corridor de Vélez Rubio, des intrusions basiques sont assez répandues. Les filons de diabase que l'on trouve dans la série de socle, présentent une frappante analogie avec ceux qui, dans cette même région, ont été rencontrés dans les séries de l'ensemble alpujarride et que nous croyons avoir été formés après la mise en place des nappes, à savoir durant le Tertiaire (voir p. 40-41). Les roches basiques de la partie permo-triasique de la couverture, telles qu'on les trouve dans la région de Vélez Rubio (MACGILLAVRY *et al.*, 1963) et aussi dans le Sud-Ouest de la Sierra de Almagro (BICKER, 1966) diffèrent sensiblement de celles que nous venons de nommer, tant en ce qui concerne leur apparition sur le terrain que leur texture. Elles sont probablement plus anciennes et, par analogie avec des roches comparables dans les autres ensembles tectoniques, elles sont provisoirement considérées comme mésozoïques.

En ce qui concerne l'âge de la mise en place de l'ensemble malaguide et aussi de façon plus générale celui des phases orogéniques alpines, il est d'importance capitale de savoir quels sont les sédiments les plus jeunes qui appartiennent à la série malaguide. Sur ce point les opinions diffèrent encore considérablement, les difficultés paraissant commencer avec les dépôts de l'Eocène moyen.

Dans le corridor de Vélez Rubio, une série (E_3 de la figure 11), formée de grès, de roches carbonatées gréseuses et de conglomérats repose selon Mlle T. GEEL (comm. pers.) localement en faible discordance angulaire sur l'Eocène moyen (Lutétien) ou sur des roches plus anciennes de l'ensemble malaguide. En d'autres endroits, cependant, cette série succède au Lutétien en concordance. Suivant les opinions actuelles, il y a lieu d'attribuer au terme en question également un âge eocène moyen (comm. pers. de M. SOEDIONO). Les chercheurs néerlandais qui s'en sont occupés, sont d'avis que ces roches font partie de la série malaguide. Il faut noter que, dans la région de la Sierra de Espuña, des roches rangées dans l'Auverisien à l'Eocène supérieur, sont censées par PAQUET (1967b) de représenter la partie basale de la série post-nappe, cela en raison du fait qu'elles couvriraient transgressivement le contact tectonique entre deux éléments malaguides (voir plus loin, p. 60-61). Comme les plus jeunes des roches appartenant à ces éléments sont d'âge lutétien, cela impliquerait une mise en place de l'unité malaguide en question après le Lutétien et avant l'Auverisien.

Dans la région de Vélez Rubio, ROEP & MACGILLAVRY (1962) ont décrit dans l'élément supérieur (l'« unité de Salud ») de l'ensemble malaguide des grès brunâtres (contenant entre autres *Operculina*, *Lepidocyclina*, *Eulepidina* et *Nephrolepidina*), surmontant en transgression des dolomies supposées triasiques. La formation, dans laquelle ils rangent ces grès, comprend en outre des argiles brun-rougeâtres, contenant entre autres *Almaena* ainsi qu'une faune de foraminifères planktoniques ressortissant à la zone de *Globorotalia kugleri* de BOLLI ou à la partie inférieure de la zone de *Globigerina dissimilis* (HERMES, dans MACGILLAVRY *et al.*, 1963). En raison de l'existence de cette faune, un âge oligo-miocène a été attribué à la formation en question, appelée « formation de Ciudad Granada ». Elle ferait encore partie de l'ensemble malaguide (ROEP & MACGILLAVRY, 1962). FERNEX, LORENZ & MAGNÉ (1965), par contre, se fondant sur des observations faites plus à l'Est dans la même zone, estiment que la série en question est postérieure à la mise en place de l'ensemble malaguide, du fait du rapport transgressif qui existerait à l'égard d'imbrications et de plissements dans les séries de cet ensemble. Cette interprétation a d'ailleurs été combattue par GEEL (1967) pour les affleurements en question.

Dans la Sierra Cabrera on trouve, associées à des roches carbonatées à *Alveolina* d'âge yprésien, des roches à *Operculina*, qui correspondent à celles de la « formation de Ciudad Granada » de la région de Vélez Rubio. Ces roches, qui contiennent en outre *Lepidocyclina*, *Nephrolepidina*, des foraminifères remaniées de l'Eocène et des fragments de roches jurassiques, ont été également rangées par RONDEEL (1965) dans l'ensemble malaguide. Dans la partie Sud de la Sierra de Almagro (Barranco de Pepe Romano; voir SIMON, 1963, p. 87-90) des grès à *Operculina* avec *Miopgypsinoides* sont associés à des roches mésozoïques et tertiaires de la série malaguide (comm. pers. du professeur H. J. MACGILLAVRY). Dans

l'Ouest de la Sierra de Almagro on trouve des roches de lithologie comparable mais sans foraminifères, dans une position analogue, séparées des dépôts du Tertiaire plus ancien par une discordance angulaire. Les roches en question ont été considérées comme faisant partie de la série malaguide (DE BOOY & EGELER, 1961).

La présence ou l'absence de plusieurs unités tectoniques indépendantes dans l'ensemble malaguide est un sujet sur lequel les opinions sont assez divergentes. C'est pourquoi il nous semble opportun de comparer, en vue d'une liaison logique, les résultats obtenus dans le corridor de Vélez Rubio, avec ceux obtenus par d'autres dans les régions limitrophes à l'Est.

Dans l'ensemble malaguide ROEP & MACGILLAVRY (1962) ont distingué, dans la région de Xiquena, quatre unités tectoniques, à savoir — du Sud au Nord et de bas en haut — : (1) et (2) l'« unité de Casolidad » et l'« unité de Cerro Colorado », formées de roches paléozoïques, permo-triasiques et triasiques, (3) l'« unité de Castillos » composée de roches paléozoïques, permo-triasiques, triasiques, jurassiques, crétacées et tertiaires¹), et (4) l'« unité de Salud », qui contient des roches oligo-miocènes de la « formation de Ciudad Granada », transgressives sur des roches permo-triasiques et triasiques. Les auteurs nommés ci-dessus supposent que la superposition des dites unités s'est faite avant la mise en place de l'ensemble malaguide (voir pourtant aussi MACGILLAVRY *et al.*, 1963; MACGILLAVRY, 1964). Plus à l'Ouest, dans la région entre Vélez Rubio et Chirivel, on ne constate la présence que de l'« unité de Cerro Colorado » et de l'« unité de Castillos » (ROEP & MACGILLAVRY, 1962, fig. 2); à l'Est, par contre, de la région de Xiquena on trouve, outre les quatre unités déjà nommées, d'autres éléments malaguides. Selon EGELER & BODENHAUSEN (1964) ces complications tectoniques doivent être attribuées, au moins en partie, à une phase d'imbrication, dirigée vers le Sud, et postérieure à la mise en place de l'ensemble malaguide (voir aussi p. 77-78). Les unités les plus profondes, du point de vue tectonique, dont les roches ont subi un faible métamorphisme alpin, révèlent, quant au développement du Permo-Trias, certaines affinités avec la série comparable de l'unité alpujarride sous-jacente.

Dans la région entre Xiquena et Lorca, FERNEX (voir entre autres: 1962a, 1963b, 1965) a distingué, dans l'ensemble malaguide les unités suivantes — du Sud au Nord et de bas en haut — : (1) l'« unité de la Peña Rubia de Lorca », formée de roches paléozoïques (se biseautant vers l'Est), puis des roches permo-triasiques et triasiques. Selon FERNEX (1965, p. 514) cette « unité de la Peña Rubia », dont les roches montrent en général un faible degré de métamorphisme, constitue un trait d'union du point de vue stratigraphique et lithologique entre les éléments « typiquement malaguides » (en haut), et les éléments « typiquement alpujarrides »

¹) Tout récemment, on a trouvé, immédiatement à l'Est de la région de Xiquena, des roches de la « formation de Ciudad Granada » reposant en légère discordance angulaire sur les roches plus anciennes de l'« unité de Castillos » (GEEEL, 1967).

(en bas); (2) la « sous-unité de Moroticos-Olivares », qui contient des roches paléozoïques, permo-triasiques et triasiques, et (3) la « sous-unité de Cumbre de la Fuensanta », formée par des roches paléozoïques, permo-triasiques, triasiques, jurassiques et éocènes.

Dans la Sierra de la Tercia, située au Nord-Est de Lorca, TRIGUEROS & NAVARRO (1960–1962) ont distingué sur des roches de l'ensemble alpujarride, deux écailles, composées chacune de roches permo-triasiques et triasiques, qui, d'après leur description peuvent être rangées dans l'ensemble malaguide.

Dans la Sierra de Espuña, PAQUET (1967*b*) a distingué dans l'ensemble malaguide les unités suivantes—du Sud au Nord et de bas en haut—: (1) unités à matériel permo-triasique et triasique (= « unités intermédiaires de Yechar, de la Santa et du Morron Largo »); l'« unité du Morron Largo » dont les roches n'ont pas été métamorphosées, possède encore, quant au développement de la série permo-triasique, des affinités prononcées avec les unités plus hautes « typiquement malaguides »; selon PAQUET, on pourrait ranger éventuellement aussi l'unité en question dans l'ensemble malaguide *s.s.*; les deux autres unités, dont la plus basse est située sur des roches « typiquement alpujarrides » de l'« unité de Los Molinos » présentent déjà des affinités alpujarrides et ont subi un léger métamorphisme; (2) « unités à matériel secondaire et tertiaire », à savoir l'« unité du Morron de Totana », l'« unité de Prat Mayor » et l'« unité de Perona », que PAQUET a incorporées dans l'ensemble malaguide *s.s.* PAQUET s'est efforcé de mettre ses éléments malaguides en corrélation avec ceux de la région explorée par FERNEX et, à cette occasion, il remarque à juste titre (PAQUET, 1967*b*, p. 51): « On ne peut cependant pas affirmer que chaque unité que nous avons définie dans la Sierra de Espuña se retrouve identique à elle-même sur des dizaines de kilomètres. En effet, les mouvements tangentiels, qui ont donné certaines des superpositions actuelles, sont d'ordre secondaire, et les accidents qui les séparent s'amortissent très vite . . . ». Selon lui, ses « unités intermédiaires » correspondraient à l'« unité de la Peña Rubia » de FERNEX et son « unité du Morron de Totana » aurait une liaison avec les « sous-unités de Moroticos-Olivares et de Cumbre de la Fuensanta ». FERNEX (1963, p. 374) a tenté à son tour d'établir une corrélation entre les unités distinguées par lui et celles qui se présentent dans la région étudiée par l'équipe d'Amsterdam ¹⁾. Ainsi, son « unité de la Peña Rubia » pourrait être comparée avec l'« unité de Casolidad », son « unité de Moroticos-Olivares » avec l'« unité de Cerro Colorado », et son « unité de Cumbre de la Fuensanta » avec l'« unité de Castillos ».

Ainsi que nous l'avons déjà dit, on trouve dans le secteur de la Zone Bétique étudié, des éléments malaguides non seulement dans le corridor

¹⁾ Dans la même publication FERNEX s'est également efforcé de mettre ces unités malaguides en corrélation avec celles que PAQUET (1960*b*, *c*) avait distinguées, mais qui ont encore été modifiées dans la suite en raison des recherches postérieures effectuées par celui-ci.

de Vélez Rubio, mais aussi dans la Sierra de Almagro, la Sierra de Carras-coy et les Sierras Cabrera et Alhamilla. Dans l'Ouest et dans le Sud de la Sierra de Almagro, et dans le Nord-Ouest de la Sierra Cabrera, une partie de ces éléments est formée de roches paléozoïques, permo-triasiques, triasiques, jurassiques, crétacées (partie Sud de la Sierra de Almagro), et éocènes. Dans ces chaînons on trouve de même des éléments « typiquement malaguides », formés uniquement de roches permo-triasiques et triasiques non-métamorphisées, localement associées à des roches paléozoïques. A part ces deux groupes d'éléments on trouve aussi, dans ces régions, des éléments formés principalement de roches permo-triasiques et triasiques qu'il faut considérer, tant au point de vue de leur développement lithologique qu'à celui de leur degré de métamorphisme alpin, comme intermédiaires entre les éléments « typiquement malaguides » et ceux « typiquement alpujarrides », mais qui, jusqu'à présent, ont toujours été rangés, bien que provisoirement parfois, dans l'ensemble malaguide.

De ce qui précède il ressort que, dans l'ensemble malaguide, on peut distinguer trois groupes d'éléments qui sont: (a) les éléments en général formés de roches paléozoïques, permo-triasiques, triasiques, jurassiques, crétacées et tertiaires, (b) les éléments formés de roches paléozoïques, permo-triasiques et triasiques, et (c) les éléments intermédiaires en général formés de roches permo-triasiques et triasiques, localement associées à des roches paléozoïques. Ces derniers éléments constituent, quant à leur développement lithologique comme au point de vue du degré de métamorphisme alpin, pour ainsi dire un trait d'union entre les séries essentiellement non-métamorphiques des éléments « typiquement malaguides » nommés sous (a) et (b), d'une part, et les séries de roches épimétamorphiques « typiquement alpujarrides » d'autre part. Nous conformant à la division généralement suivie jusqu'ici, nous avons, pour le moment, rangé ces « éléments intermédiaires » dans l'ensemble malaguide. La différenciation susdite va plus loin que celle proposée par DURAND DELGA (1968), qui a fait une distinction entre un groupe d'« imbrications supérieures » et un groupe d'« imbrications inférieures ». Ce dernier groupe comprendrait, pour autant que nous pouvons juger, tant des éléments intermédiaires nommés sous (c) que le plus grand nombre des éléments que nous avons rangés dans la groupe (b).

La distribution, dans la partie Est de la Zone Bétique, d'éléments malaguides appartenant aux divers groupes, ferait croire qu'il y a lieu d'y attribuer une signification paléogéographique, supposition qu'il faudra vérifier encore par des recherches plus détaillées. L'image régionale se trouve malheureusement troublée par la tectonisation post-nappe. En effet, le rétroécaillage intensif qui s'est produit après la mise en place de l'ensemble malaguide a donné un dessin extrêmement compliqué (voir p. 73-79). Ce fait est une des raisons, qui explique les difficultés rencontrées pour faire la distinction entre éléments primaires et éléments secondaires (voir à ce sujet entre autres ALDAYA, 1966).

RÉSULTATS DES RECHERCHES CONTEMPORAINES AILLEURS
DANS LA ZONE BÉTIQUE; TENTATIVE DE CORRÉLATION

Comme il a été mentionné au Chapitre Historique, la fin de la deuxième guerre mondiale a vu commencer une nouvelle phase de l'étude des Cordillères Bétiques; plusieurs groupes de géologues de nationalités diverses ont entamé l'examen plus détaillé de grandes parties de ces chaînes alpines. Leurs recherches sont encore partiellement en cours. Elles ont fourni de nombreuses données nouvelles dont nous ne pouvons faire état que brièvement dans le cadre de cet article. Ce sont surtout les données qui se rapportent directement à la Zone Bétique qui nous intéressent. Il se pose la question de savoir dans quelle mesure il sera possible de mettre les unités des grands ensembles tectoniques, telles que nous les avons distinguées dans notre région de travail, en corrélation avec les unités structurales qui se présentent ailleurs. Pour nous faire une idée de cette distribution régionale nous avons au cours des dernières années, visité en reconnaissance la plupart des régions en question. Néanmoins, il est évident que nous en sommes en grande partie réduits à la littérature.

La région entre Ronda et Málaga. Les recherches du groupe allemand qui se concentrent sur la région au Nord-Ouest de Ronda et la zone située entre la ville et la côte méditerranéenne, ont amené une réinterprétation partielle des résultats de BLUMENTHAL. Nos collègues allemands distinguent les unités tectoniques suivantes (HOEPPENER *et al.*, 1964): les « Rondaïdes » (= l'« unité de Nieves » de DÜRR, 1963), l'« unité de Blanca », l'« unité de Casares » et le Bétique de Málaga *s.s.* (fig. 12) ¹⁾.

Les « Rondaïdes » des allemands se distinguent des « Rondaïdes » de BLUMENTHAL du fait qu'ils ont séparé de celles-ci l'« unité de Yunquera »

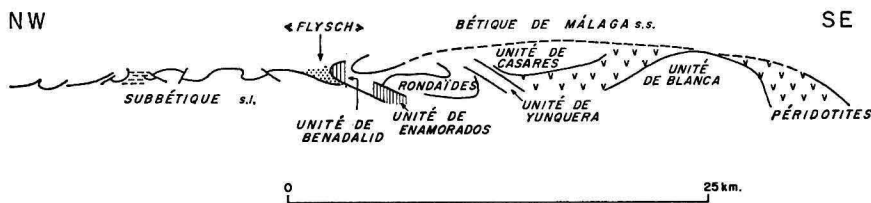


Fig. 12. Profil schématique à travers la Zone Bétique occidentale et une partie du Subbétique *s.l.* D'après HOEPPENER *et al.* (1964).

¹⁾ Puis, ils distinguent encore quelques « Schürflinge » accompagnant le front des « Rondaïdes » et du Bétique de Málaga *s.s.*, qui sont respectivement désignés par les noms de l'« unité de Enamorados » et de l'« unité de Benadalid » (fig. 12).

(cf. BLUMENTHAL, 1950, fig. 1; HOEPPENER *et al.*, 1964, fig. 2). Elles sont formées d'une série, épaisse de plus de 1000 m, en grande partie de composition carbonatée et d'âge surtout triasique supérieur. Cette série est suivie de « Hornsteinplattenkalke » (200–300 m), dont la base s'est avérée liassique, comme le montrent les fossiles rencontrés. Suit alors la « brèche de Nava », dont on ignore l'âge exact. A côté des fragments des roches sous-jacentes, cette brèche contient aussi des fragments qui, selon DÜRR (1963), proviendraient de l'« unité de Casares ». L'« unité de Yunquera » comprend, selon les auteurs allemands, des marbres et des dolomies alternant dans la partie supérieure avec des roches pélitiques et psammitiques métamorphisées et, à proximité du village de Yunquera, aussi avec des gneiss. On ne sait encore avec certitude si l'on a affaire ici à une succession normale. Des transitions graduelles de roches carbonatées triasiques supérieures peu ou pas métamorphisées des « Rondaïdes » aux marbres grossièrement cristallins de l'« unité de Yunquera » ont été décrites. Par contre, par endroits la limite avec les « Rondaïdes » s'accuse nettement, en ce sens que cette unité est chevauchée par l'« unité de Yunquera » (voir fig. 12). Tandis que DÜRR (1963) insiste sur l'analogie entre la série pélitique-psammitique de l'« unité de Yunquera » et celle de l'« unité de Casares » (voir plus loin), MOLLAT (1965) signale la similitude entre les éléments plus métamorphiques de l'« unité de Yunquera » et ceux de son « unité de Blanca ». Selon ce dernier auteur, il est probable que, dans la Sierra Blanca la série de l'« unité de Blanca » se trouve renversée. Il y distingue (de bas en haut): (1) une série de marbres présumée triasique moyen à supérieur, (2) une zone de transition — formée de marbres, de gneiss, de quartzites et d'amphibolites — considérée comme triasique inférieur, et (3) des gneiss supérieurs (gneiss quartzitiques, gneiss à andalousite, gneiss à cordiérite et amphibolites) dont l'âge serait, en partie du moins, paléozoïque. Les roches ultrabasiques, exceptionnellement répandues dans cette région, font, selon MOLLAT (1965), partie de l'« unité de Blanca »; leur âge est censé être triasique supérieur à jurassique supérieur. L'« unité de Casares » (DÜRR, 1963) comprend une série de gneiss (à grenat), de micaschistes, de phyllites et de quartzites, avec du gypse dans la partie supérieure, recouverte de roches carbonatées, qui, en raison des fossiles, ont paru être, en partie du moins, d'âge triasique supérieur. On ne sait pas encore avec certitude si les phyllites, les quartzites, et les roches carbonatées qui, par endroits, reposent sur des roches carbonatées du Trias supérieur, appartiennent au Jurassique (DÜRR, 1963). A notre avis il faut tenir compte de la possibilité soit d'un redoublement de la série permo-triasique soit de la présence d'une unité intermédiaire (voir p. 47–49).

Le Bétique de Málaga *s.s.* des allemands, comprend une série de roches allant du Paléozoïque au Tertiaire ancien, dont le développement lithostratigraphique montre de fortes ressemblances avec celui que l'on trouve pour l'ensemble malaguide dans d'autres parties de la Zone Bétique.

Importante est l'opinion de MOLLAT (1965) selon laquelle le Bétique de Málaga *s.s.*, dans la région qu'il a étudiée, contient par endroits un cristallin basal formé de gneiss avec intercalations de marbres et ensuite des schistes grenatifères, c'est-à-dire des roches qui n'ont été trouvées nulle part plus à l'Est et à l'Ouest dans l'ensemble malaguide ¹⁾.

Partant de l'interprétation de nos collègues allemands, complétée des observations effectuées au cours de reconnaissances dans les régions en question, nous sommes enclins à considérer l'« unité de Blanca » comme un élément entrant dans l'ensemble névado-filabride. A cet égard, il y a lieu de relever que MOLLAT (voir HOEPPENER *et al.*, 1964, p. 295) remarquait déjà: « Wir möchten daher die Deutung aussprechen, dass der gesamte Komplex der Blanca-Einheit, der über das Arbeitsgebiet noch weit hinausgeht, den filabrid-alpujarriden Einheiten entspricht ». Selon nous l'« unité de Yunquera » appartient probablement en partie à l'ensemble alpujarride et en partie à l'ensemble de Ballabona-Cucharón. Nous supposons que les séries des « Rondaïdes » des allemands doivent, vu leur développement lithostratigraphique, être rangées dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón. Cela implique que, en partant d'un mouvement des nappes dirigé vers le Nord ou le Nord-Ouest, nous considérons les « Rondaïdes », en opposition à nos collègues allemands, comme plus internes que l'« unité de Blanca ». Comme DÜRR (1963) l'a déjà remarqué, l'« unité de Casares » fait partie de l'ensemble alpujarride. Il estime que les péridotites font partie de cette unité. Comme déjà dit, MOLLAT (1965) suppose, par contre, que ces roches ultrabasiqes appartiennent à l'« unité de Blanca », un élément que nous avons rangé provisoirement dans l'ensemble névado-filabride (voir en outre l'Appendice).

Les géologues allemands sont d'avis (voir entre autres HOEPPENER *et al.*, 1964) que les nappes bétiques doivent avoir déjà été empilées avant le dépôt du « flysch » éo-oligocène, parce que ce « flysch » recouvre progressivement par endroits les contacts des nappes. D'emblée on ne peut dire si les charriages ont eu lieu peu avant le dépôt du « flysch » ou bien s'ils sont plus anciens, car des roches plus anciennes recouvrant les contacts des nappes n'ont pas été trouvées. Les allemands estiment toutefois avoir des raisons suffisantes pour admettre des mouvements intramesozoïques ²⁾. Au cours de cette phase alpine précoce, le Bétique de Málaga *s.s.* aurait chevauché, en direction Nord ou Nord-Ouest les ensembles inférieurs de la Zone Bétique, de sorte qu'il se serait déjà passablement rapproché du Subbétique. Ceci expliquerait, entre autres, la parenté entre

¹⁾ Les roches cristallines que BLUMENTHAL (1949, 1950) dans des parties étendues de la Zone Bétique occidentale a rangées dans le socle de son Bétique de Málaga (voir aussi KOCKEL, 1963), s'avèrent appartenir pour la plus grande partie du moins, à l'« unité de Casares » des géologues allemands.

²⁾ Pour les arguments en ce sens voir, entre autres, HOEPPENER *et al.* (1964, p. 296-297).

les sédiments mésozoïques récents de ces deux ensembles. Selon les géologues allemands, d'importants mouvements ont eu lieu après le dépôt du « flysch », soit entre l'Oligocène et le Miocène soit au Miocène inférieur, pendant lesquels les unités de la Zone Bétique ont chevauché l'« avant-pays » par endroits sur plusieurs kilomètres.

La région entre Málaga et Almería. La région entre Vélez Málaga et Motril est étudiée par le géologue français BOULIN. Contrairement à certains chercheurs antérieurs (entre autres BLUMENTHAL, 1935; COPPONEX, 1958) qui ont signalé de vastes affleurements de l'ensemble malaguide à côté d'unités alpujarrides, BOULIN (1962*b*) a rattaché à ses Alpujarrides d'importantes parties de la série des roches cristallines, qui, jadis, étaient rangées dans le socle malaguide, de sorte que le contact entre les deux ensembles se trouve considérablement déplacé vers l'Ouest (*cf.* BLUMENTHAL, 1935, fig. 4 et BOULIN, 1962*b*, fig. 1). Par ailleurs, BOULIN pense qu'une partie importante des roches carbonatées cristallines de ses Alpujarrides est d'âge pré-triasique et peut-être même très ancienne, contrairement à l'opinion d'auteurs antérieurs (entre autres VAN BEMMELEN, 1927; BLUMENTHAL, 1935; COPPONEX, 1958) qui leur ont attribué un âge triasique. Si, dans ces régions fortement tectonisées, l'alternance des roches carbonatées avec des schistes et des gneiss pré-triasiques — principal argument de BOULIN en faveur de son attribution d'âge — peut être considérée comme un facteur décisif, demande, à notre avis, à être confirmé¹).

Le long de la transversale d'Almuñecar, BOULIN (1964*b*; voir aussi 1964*a* et 1966*a*) distingue trois unités majeures superposées, à savoir: (1) une unité inférieure — nommée l'« unité d'Almuñecar », à matériel triasique et néopermien, selon lui, avec le caractère de la « Mischungszone », raison pour laquelle nous l'avons provisoirement rattaché à l'ensemble névado-filabride; (2) une unité moyenne, qui comporte une semelle de matériel cristallophyllien ancien, passant progressivement et en apparente continuité à un Trias calcaréo-dolomitique par l'intermédiaire d'un Werfénien phylliteux et quartzitique, et (3) une unité supérieure, à matériel ancien, calcaréo-dolomitique et cristallophyllien, et qui comporte localement aussi des termes triasiques. Les deux unités supérieures seraient des nappes alpujarrides et plus ou moins corrélables respectivement à la nappe de Lanjarón (= Gadór) et la nappe de Guájjar de VAN BEMMELEN (1927) et WESTERVELD (1929).

Le long de la transversale de la Sierra de Lújar, BOULIN (1966*a*; voir aussi BOULIN *et al.*, 1966*a, b*) décrit plusieurs unités, à savoir (de bas en haut): (1) l'« unité de Lújar », l'« unité de Escalate », l'« unité de Lanjarón »

¹) Il faut noter que, dans les Sierras Alhamilla et Cabrera, le cristallin basal alpujarride contient localement plusieurs intercalations de marbres (RONDEEL, 1965; ZECK, 1968).

et l'« unité de Guájjar ». L'« unité de Escalate » et l'« unité de Lanjarón » occupent, selon BOULIN, la position du flanc normal d'un anticlinal couché vers l'intérieur de la chaîne, dont les séries de l'« unité de Lújar » formeraient le flanc inverse ¹⁾. L'« unité de Escalate » forme, selon le géologue français une unité locale supplémentaire de l'« unité de Lanjarón ». Les séries de l'« unité de Escalate » furent incorporées par WESTERVELD (1929), dans la région étudiée par lui, dans sa nappe de Lújar. Les séries de l'« unité de Guájjar » — reposant tectoniquement sur l'« unité de Lanjarón » — seraient selon BOULIN elles aussi renversées régionalement. Ainsi, parmi les unités tectoniques empilées dans les zones internes des Cordillères Bétiques, il semble selon ce géologue bien exister de grands plis couchés. Partant des descriptions de VAN BEMMELEN, WESTERVELD et BOULIN, complétées des observations effectuées au cours des reconnaissances, nous croyons que l'« unité de Lújar » de BOULIN (qui est à peu près identique à la nappe de Lújar de VAN BEMMELEN et WESTERVELD) représente une unité indépendante, en position normale, appartenant à l'ensemble de Ballabona-Cucharón. BOULIN suppose que les séries de son « unité de Lújar » sont d'âge Werfénien à Trias moyen; selon nous, les séries de cette unité montrent, cependant, une similitude avec la partie supérieure — que nous considérons essentiellement d'âge triasique supérieur — des séries de l'ensemble de Ballabona-Cucharón de la partie orientale de la Zone Bétique. Les séries de l'« unité de Lanjarón » de BOULIN présentent, selon nous, contrairement aux séries de l'« unité de Lújar », le développement « alpujarride typique ». Il y a, entre autres, une forte analogie avec les séries de la nappe de Variegato de l'ensemble alpujarride de notre région d'étude. Il en ressort que nous ne voyons pas de raison pour admettre l'existence de grands plis couchés dans la région étudiée par BOULIN. Un tel style tectonique — comparé par BOULIN (1966a) à celui des Pennides — serait d'ailleurs en opposition directe avec celui qui se manifeste ailleurs dans la Zone Bétique (voir p. 24).

Il y a lieu de présumer que des éléments de l'ensemble de Ballabona-Cucharón existent aussi ailleurs dans la partie occidentale des chaînes bétiques. On peut, par exemple, citer la « crête de gypse » de VAN BEMMELEN (1927), affleurant immédiatement à l'Est de Lanjarón, qui est tectoniquement située entre des éléments de l'ensemble névado-filabride d'une part, et de l'ensemble alpujarride d'autre part. Il en est de même pour certaines séries dans la région à l'Est de Nigüelas et à l'Est de Berchules (table II). Nous estimons aussi que les roches qui affleurent dans les fenêtres d'Albuñol et de Berja sous des séries « typiquement alpujarrides », doivent être rattachées à l'ensemble de Ballabona-Cucharón (voir aussi BICKER, 1966, p. 98).

En outre, il faut mentionner que récemment des klippen malaguides

¹⁾ Cette interprétation concorde en grande partie avec celle que BANTING (1933a) a donnée.

reposant sur des éléments alpujarrides ont été découvertes au Sud de la Sierra Nevada, entre Berja et le bassin d'Ugijar (BODENHAUSEN *et al.*, 1967; DURAND DELGA, 1966, 1968).

La partie Nord-Ouest de la Sierra Nevada et les régions limitrophes. Les recherches des géologues espagnols dirigés par le professeur FONTBOTÉ sont orientées sur les zones internes et externes des Cordillères Bétiques, en gros le long de la transversale de Grenade. Dans le cadre de la présente publication ce sont surtout les résultats de l'exploration du Nord-Ouest de la Sierra Nevada et des régions limitrophes qui sont d'une grande importance. On distingue ici (de bas en haut): la « série de Sierra Nevada », la « Mischungszone », l'ensemble alpujarride et l'« unité de Guájár-Málaga ». La « Mischungszone » comprendrait du Permien et du Trias. Le Permien serait représenté par des micaschistes assez variés souvent riches en feldspath, et par quelques amphibolites. Le Trias, à côté de micaschistes et de quartzites, comprendrait surtout des marbres, des cargneules (« konglomeratische Mergel ») et des gneiss. A ces gneiss s'associent aussi des orthoamphibolites (PUGA, 1965). Les gneiss souvent tourmalinifères sont censées être issus d'un matériel d'origine volcanique en partie pyroclastique (PUGA & FONTBOTÉ, 1966). Leur présence dans une série présumée triasique, les fait considérer comme triasique. Ce point a une importance capitale. En effet, ainsi que nous l'avons déjà vu (p. 30), on trouve aussi des gneiss tourmalinifères dans les nappes névado-filabrides du secteur Sud-Est de la Zone Bétique. Dans ce cas-là, ces gneiss sont considérés, au moins en partie, comme provenant de la transformation de roches granitiques. Des déterminations radiométriques ont révélé un âge permocarbonifère, motif pour lequel ces gneiss sont rangés dans le socle (voir p. 26). Il faut donc apparemment tenir compte, dans la Zone Bétique, de la présence de gneiss d'origine et d'âge différents. Il est clair, que ce problème de l'âge est extrêmement important pour l'interprétation tectonique. En admettant un âge triasique pour les gneiss, nos collègues espagnols n'ont aucune raison de tenir compte d'un redoublement tectonique de quelque importance dans la série de leur « Mischungszone », reposant, selon eux, sans aucun contact tectonique fondamental, sur la « série de Sierra Nevada » (GONZÁLEZ DONOSO & VERA, 1965).

La masse principale de la Sierra Nevada avec sa couverture mésozonale, se poursuit vers l'Est dans l'unité de Névado-Lubrin de la Sierra de los Filabres. Au moins une importante partie de la « série de Sierra Nevada » est attribuée au Paléozoïque supérieur (voir entre autres FONTBOTÉ, dans FALLOT *et al.*, 1960).

Les éléments de l'ensemble névado-filabride sont recouverts tectoniquement dans la partie Nord-Ouest de la Sierra Nevada par des sédiments épimétamorphiques alpins de l'ensemble alpujarride. Parfois la série est redoublée, et même par endroits, triplée. La similitude de cette série avec celle de notre nappe de Variegato de la partie orientale de la Zone Bétique

est frappante. Dans la région en question, l'ensemble de Ballabona-Cucharón n'est apparemment pas représenté. Par contre, à notre avis cet ensemble affleure par endroits entre les éléments névado-flabrides et les éléments alpujarrides sur la bordure Sud-Ouest et Sud de la Sierra Nevada (voir p. 54).

Localement on trouve, sur la série « typiquement alpujarride », une séquence de micaschistes (souvent grenatifères) et de quartzites. Ces roches qui recouvriraient en charriage épiglyptique (d'après BLUMENTHAL, 1935) l'ensemble alpujaride, sont considérées comme représentant la partie la plus profonde, probablement paléozoïque inférieur, du socle malaguide, de sorte que l'on pourrait parler d'une « nappe de Guájjar-Málaga » (GONZÁLEZ DONOSO & VERA, 1965, p. 115; ALDAYA, 1965, p. 2, note 2; voir aussi BLUMENTHAL & FALLOT, 1935)¹).

Les unités tectoniques précédemment nommées sont recouvertes en transgression par des dépôts post-orogéniques du Miocène, dans lesquels on distingue une discordance intra-vindobonienne (GONZÁLEZ DONOSO & VERA, 1965).

D'une façon générale FONTBOTÉ (1957) a signalé que la tectonique des nappes, qui ne saurait, selon lui, être plus récente que l'Oligocène inférieur, a été suivie d'un plissement de fond « . . . ayant donné lieu à la formation de la grande voûte de la Sierra Nevada »; ce lent mouvement se serait effectué à partir du Miocène mais il aurait probablement commencé plus tôt.

Au Nord de la région dont nous venons de parler, dans la zone de Cogollos-Vega—Diezma, des éléments de l'ensemble alpujarride et de l'ensemble malaguide ont été étudiés en détail par ALDAYA (1965; voir aussi VAN BEMMELEN, 1927; BLUMENTHAL & FALLOT, 1935; DURAND DELGA & FONTBOTÉ, 1960). Cet auteur range, avec quelque réserve, il est vrai, la série de couverture alpujarride qui s'y présente dans la nappe de Lanjarón des néerlandais de l'école de BROUWER. Cette unité est tectoniquement recouverte par l'« unité de Cogollos-Vega » qui fait partie, selon ALDAYA, de la « nappe de Guájjar-Málaga » déjà nommée et qui comprend des roches paléozoïques du socle ainsi que des roches permotriassiques, triassiques et, par endroits, liassiques de la couverture. Au Nord de l'« unité de Cogollos-Vega » il distingue l'« unité de Peñon de la Mata » et l'« unité de la Sierra Arana ». Selon ALDAYA l'origine de l'« unité de Peñon de la Mata » est incertaine; il suggère toutefois qu'elle représente la couverture mésozoïque à tertiaire de la « nappe de Guájjar-Málaga ». Les écailles qui se présentent dans l'« unité de Cogollos-Vega » et dans l'« unité de Peñon de la Mata » sont nées, estime-t-il, en grande partie tout au moins, avant la mise en place de la « nappe de Guájjar-Málaga », c'est-à-dire après l'Oligocène et avant le Vindobonien. Toutefois, après

¹) Actuellement Monsieur ALDAYA estime que la nappe de Guájjar et la nappe de Málaga sont des unités tectoniques distinctes (comm. pers.).

cette mise en place, des mouvements tardifs, dirigés vers le Sud, auraient eu lieu, notamment dans l'« unité de Peñon de la Mata » et dans l'« unité de la Sierra Arana ».

La région entre Lorca et Aguilas. En ce qui concerne l'extension des diverses unités structurales dans la partie orientale de la Zone Bétique, ce sont surtout les résultats acquis par le géologue suisse FERNEX le long de la transversale Lorca-Aguilas, qui sont importants (voir aussi PATJN, 1937). Ils ont paru, en grande partie dans une publication de 1965. L'auteur distingue (voir fig. 13), du Sud au Nord, un certain nombre de zones tectoniques à savoir: « La zone côtière de El Cantar-Almagrera », « la zone du Ramonete-Tebar », « l'anticlinal de la Sierra de Almenara-Carrasquilla », « les reliefs intermédiaires de la plaine de Murcie-Lorca » et la « Zone Bétique septentrionale ».

« L'anticlinal de la Sierra de Almenara-Carrasquilla », qui représente la continuation Nord-Est de la Sierra de los Filabres, comprend plusieurs unités structurales dont trois ont été incorporées par FERNEX dans la « Mischungszone ». Deux de ces unités se laissent ranger sans problème dans l'ensemble névado-filabride. La plus profonde (« Mz I » de FERNEX), qui est formée d'un socle de schistes grenatifères comparables à ceux de la Sierra Nevada et d'une couverture de métamorphites permians et triasiques, représente selon toute apparence l'équivalent de l'unité de Névado-Lubrin de la Sierra de los Filabres. Cette unité est chevauchée par une autre unité névado-filabride, venant du Sud (« Mz II »), qui comprend également des roches de socle et de couverture et qui montre des ressemblances lithostratigraphiques avec les unités névado-filabrides supérieures de la Sierra de los Filabres. Il faut relever l'observation de FERNEX que le degré de métamorphisme alpin dans l'unité la plus profonde de la Sierra de Almenara est moins fort par endroits que celui de l'unité chevauchante. La troisième unité que FERNEX a rangée dans la « Mischungszone » (« Mz III ») chevauche l'unité névado-filabride susdite sur une courte distance le long de la bordure Sud de la chaîne. FERNEX (1965, p. 515) écrit à ce sujet: « . . . les caractères lithologiques de cette unité s'apparentent à ceux des Alpujarrides (cf. le Trias de Lanjarón et d'Albuñol) ». Il nous semble que l'on a affaire ici à l'équivalent de l'« unité de Peñas Blancas » de la région de Carthagène, à ranger dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón (voir p. 62). Cette unité peut, localement du moins, être suivie vers l'Est jusqu'à tout près de Mazarrón (voir aussi la discussion à la suite de l'article de PAVILLON, 1963). Plus vers le Sud-Est, dans la région à l'Est de Pulpi, les auteurs de la présente publication ont trouvé entre des éléments nevado-filabrides et des éléments appartenant à l'ensemble alpujarride (= « zone du Ramonete-Tebar » de FERNEX) des roches fortement tectonisées qui, selon toute probabilité, font également partie de l'ensemble de Ballabona-Cucharón. Au Nord de la Sierra de la Almenara, FERNEX a distingué un complexe qui recouvre tectoniquement son

« unité Mz I » sur une faible distance. Selon lui, ce complexe rappelle nettement son « unité de Perdiz-Agujero » de la Sierra de Enmedio ou l'« unité 2 » de la Sierra de Carrascoy ¹⁾. D'après la description, le complexe en question appartiendrait également à l'ensemble de Ballabona-Cucharón.

Les roches de l'« unité de Perdiz-Agujero » de FERNEX forment la masse principale de la Sierra de Enmedio ²⁾. Cet auteur distingue (de bas en haut): (1) des schistes ardoisiers bleu-noir (sériciteux, talqueux et chloriteux) grés-quartzitiques et conglomératiques (Permo-Carbonifère?), (2) des quartzites à lits de poudingues, puis des schistes à lentilles calcaires, cargneules, microconglomérats et gypse (Permo-Werfénien), et (3) une série calcaréo-dolomitique (Trias). La partie supérieure (termes 2 et 3) de l'« unité de Perdiz-Agujero » est selon nous homologue à la partie inférieure — essentiellement d'âge triasique inférieur à moyen — de la nappe d'Almagro-Cucharón de l'ensemble de Ballabona-Cucharón des Sierras de Almagro et de Carrascoy, c'est-à-dire approximativement à l'« unité d'Almagro » dans le sens de SIMON (1963, 1964). La série basale de l'« unité de Perdiz-Agujero » de la Sierra de Enmedio n'affleure apparemment pas dans les chaînes susdites. Dans la partie Nord et Nord-Ouest de la Sierra de Enmedio, FERNEX décrit des termes d'aspect « typiquement alpujarride » (l'« unité de Gabrieleas ») et une sous-unité assimilable à l'« unité de Cucharón » ³⁾, qui butent d'une manière complexe contre l'« unité de Perdiz-Agujero ». Nous considérons que la majeure partie de ces éléments fait partie de la nappe d'Almagro-Cucharón, et plus précisément de la partie supérieure plus ou moins décollée de cette nappe, d'âge surtout triasique supérieur. A cet égard, la comparaison faite par FERNEX avec l'« unité de Cucharón » ³⁾ semble significative. Il reste à vérifier, si la « série de la Mina Esperanza », que FERNEX nous dit être d'aspect « typiquement alpujarride », et qui repose dans la partie Sud-Est de la Sierra de Enmedio, sur des roches de l'« unité de Perdiz-Agujero » appartient aussi à l'ensemble de Ballabona-Cucharón (en l'espèce à la nappe de Ballabona). Les auteurs du présent article n'ont jamais reconnu, dans les parties de la Sierra de Enmedio qu'ils ont visitées, des séries « typiquement alpujarrides ». Celles-ci n'affleurent sur de grandes étendues que plus au Nord et au Nord-Ouest, dans la Sierra de las Estancias, et aussi dans la « zone du Ramonete-Tebar » et dans la « zone cotière de El Cantar-Almagrera ». Les schistes noirs que l'on trouve dans cette dernière zone et qui sont très semblables, selon FERNEX, à ceux de la Sierra Nevada, font, selon nous, partie du socle de l'ensemble alpujarride. Les roches de la « zone du

¹⁾ Cette « unité 2 » (voir AZÉMA *et al.*, 1965) est identique à l'unité de Ballabona de la Sierra de Carrascoy (BODENHAUSEN & SIMON, 1965).

²⁾ FERNEX (1962b; voir aussi 1963a, fig. 1) a décrit dans la Sierra de la Tercia, située entre Lorca et la Sierra de Espuña, une série calcaréo-dolomitique qui, selon lui, doit être l'équivalent du Trias de l'« unité de Perdiz-Agujero » de la Sierra de Enmedio.

³⁾ On entend ici l'« unité de Cucharón » dans le sens de SIMON (1963).

Ramonete-Tebar » appartiennent, à notre avis, en majeure partie, à la couverture alpujarride. Cette interprétation concorde entièrement avec celle que PATIJN (1937) a déjà donnée il y a longtemps.

Dans la « Zone Bétique septentrionale » de FERNEX, non seulement les roches de l'ensemble alpujarride, mais aussi celles de l'ensemble malaguide sont très répandues. On y trouve, selon cet auteur, entre les ensembles que nous venons de nommer, l'« unité de la Peña Rubia de

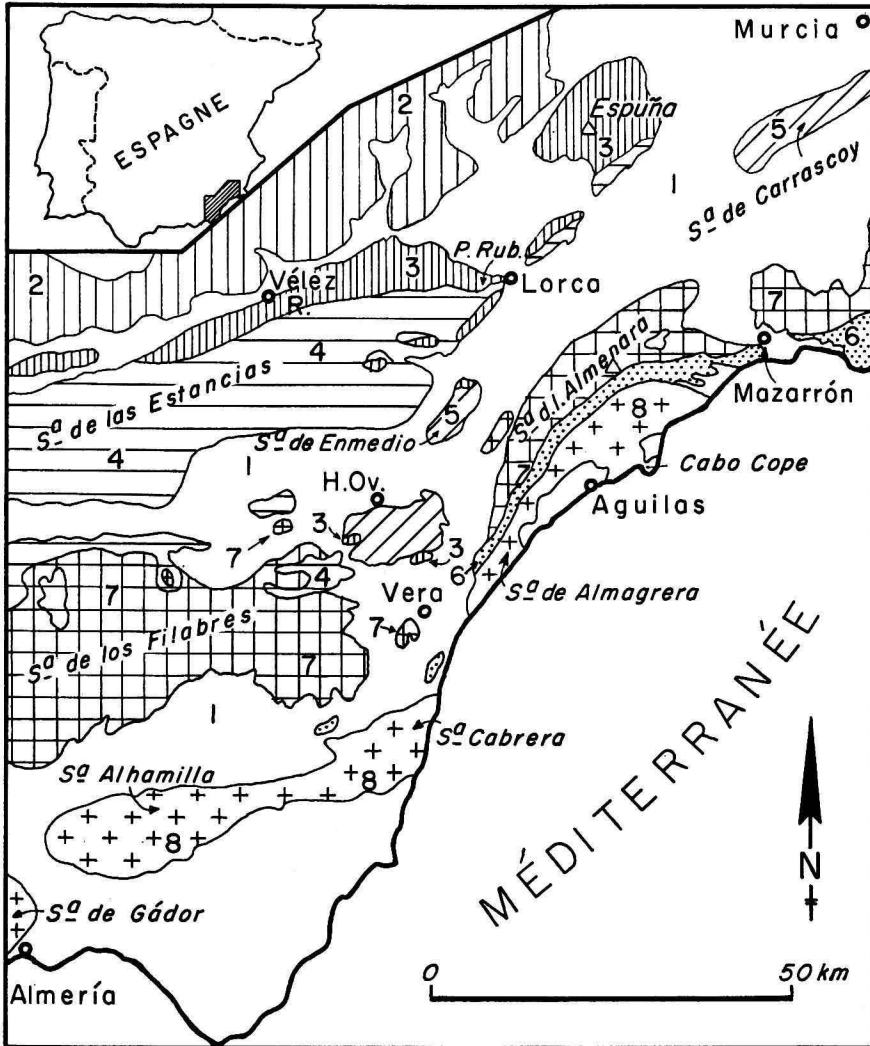


Fig. 13. Carte tectonique de la Zone Bétique orientale. D'après FERNEX (1965). 1. terrains post-nappes (Néogène et Quaternaire); 2. Subbétique *s.l.* méridional; 3. Bétique de Málaga (y compris l'unité de la Peña Rubia); 4. domaine alpujarride de la Sierra de las Estancias; 5. unités tectoniques des Sierras de Almagro, de Enmedio et de Carrascoy; 6. zone du Ramonete-Tebar; 7. Bétique de la Sierra Nevada (unités névado-filabrides); 8. zone du Lomo de Bas-Almagrera, de Cope-Aguilas, des Sierras Alhamilla-Cabrera, et Trias de Gádor.

Lorca » à matériel essentiellement paléozoïque et triasique, dont les caractères stratigraphiques et lithologiques présentent des affinités soit avec le Bétique de Málaga, soit avec les Alpujarrides. En se basant là-dessus, FERNEX est d'opinion que les ensembles en question étaient paléogéographiquement voisins. Des roches de l'« unité de la Peña Rubia » se trouvent aussi, dans le Nord de la Sierra de Enmedio, au-dessus des éléments — selon lui — « typiquement alpujarrides », que nous préférons à ranger pour la plus grande partie, ainsi que nous l'avons déjà dit, dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón. Nous estimons que des éléments intermédiaires sont également présents dans la « zone du Ramonete-Tebar » et dans la « zone côtière de El Cantar-Almagrera » (voir aussi DURAND DELGA *et al.*, 1962; DURAND DELGA, 1966, 1968). A ce sujet, il faut noter que, dans les Sierras Cabrera et Alhamilla, qui forment le prolongement des deux zones susdites — comme l'a déjà remarqué FERNEX (1965) — affleurent, outre des séries alpujarrides, des éléments intermédiaires ainsi que des éléments « typiquement malaguides » (voir p. 49).

De ce qui précède il ressort clairement que l'hypothèse formulée par FERNEX (1965), selon laquelle les unités structurales au Nord et au Sud de l'axe de la Sierra de la Almenara-Carrasquilla ne seraient pas directement apparentées¹⁾, n'est pas soutenable.

La Sierra de Espuña et les régions limitrophes. Les résultats d'exploration du français PAQUET, groupés dans sa thèse de 1967, se rapportent entre autres à la région de la Sierra de Espuña, c'est-à-dire la zone limite entre la Zone Bétique et la partie subbétique de la zone externe des Cordillères. Dans le secteur de la Sierra de Espuña, l'auteur distingue dans la Zone Bétique diverses unités indépendantes. A la base se trouve l'« unité de Los Molinos », caractérisée par des phyllites permo-werfénienues et appartenant à l'ensemble alpujarride. Au-dessus viennent des éléments rangés dans le Bétique de Malaga. De bas en haut PAQUET distingue : (1) unités intermédiaires à matériel permo-triasique et liassique, et (2) unités à matériel secondaire et tertiaire (Bétique de Málaga *s.s.*). Selon lui, l'unité la plus profonde des unités intermédiaires (l'« unité de Yechar ») possède des caractères nettement alpujarrides; les roches de cette unité et de l'« unité de la Santa » qui y fait suite peuvent avoir subi un léger métamorphisme. Les roches de l'unité intermédiaire la plus haute (l'« unité du Morron Largo »), permo-triasiques et triasiques, ne sont pas métamorphiques. L'auteur constate que, sur le plan paléogéographique, l'« unité du Morron Largo forme la transition entre le Permo-Trias malagais typique au Nord et les unités à tendance alpujarride au Sud. Il pense qu'il s'agit d'une unité de transition que l'on pourrait encore considérer comme appartenant au Bétique de Málaga. L'« unité du Morron Largo »

¹⁾ Cette hypothèse est l'inverse de celle que FERNEX (1964b) avait avancée auparavant.

est suivie de l'« unité du Morron de Totana » de caractère « typiquement malaguide », formée de roches allant du Permo-Trias jusqu'à l'Éocène moyen (Lutétien). L'« unité de Prat Mayor » (Trias-Eocène moyen) et l'« unité de Perona » (Lias) sont considérées comme des imbrications de l'« unité du Morron de Totana ». PAQUET estime que le Bétique de Málaga de la Sierra de Espuña, tant par des séries triasiques que jurassiques et crétacées s'est sédimenté dans une zone paléogéographique proche de celle du Subbétique, c'est-à-dire au Nord du domaine alpujarride, sur la marge septentrionale des zones internes. Selon lui (PAQUET, 1967, p. 539-540) les unités supérieures de la Sierra de Espuña se sont mises en place par sous-charriage du Sud-Est vers le Nord-Ouest. Les roches les plus jeunes rangées par PAQUET dans le Bétique de Málaga *s.s.* appartiennent à l'Éocène moyen (Lutétien), tandis que les roches post-nappes les plus anciennes sont selon lui d'âge Auversien et font partie d'une série qui se poursuit jusqu'au Burdigalien. Les dépôts de l'Auversien seraient, entre autres, transgressifs sur le contact entre l'« unité du Morron de Totana » et l'« unité de Prat Mayor ». Puis des roches comparables reposeraient, en transgression elles aussi, sur des couches parfois redressées du Crétacé supérieur du Subbétique méridional (PAQUET, 1967*a*, p. 949). PAQUET (1967*b*, p. 552-553) en tire la conclusion que lors de la phase anté-auversienne et post-lutétienne, les différentes unités malaguides et peut-être les autres nappes internes se mettaient en place. Les relations entre le Subbétique, dont la partie interne a été également affectée par cette phase, et le Bétique de Málaga, sont actuellement voilées par la couverture post-nappe (post-Lutétien supérieur). Une autre phase importante a eu lieu après le Burdigalien et avant le Tortonien. Pendant cette période s'effectua, selon PAQUET, le chevauchement du Subbétique sur des éléments situés plus au Nord, suivi à l'Helvétien supérieur-Tortonien par une phase de rétrochevauchements, à laquelle est due, entre autres, la formation d'un certain nombre d'écaillés dans l'ensemble malaguide, et le chevauchement des éléments subbétiques sur les dépôts post-nappes du Burdigalien. Pour terminer, une phase finale verticale se serait produite à la fin du Miocène supérieur.

La région entre Mazarrón et Cabo de Palos. La partie Sud-Est de la Zone Bétique, c'est-à-dire la région entre Mazarrón et Cabo de Palos est actuellement étudiée par Mlle PAVILLON, spécialement pour des phénomènes de minéralisation. Cette région avait déjà été explorée en partie auparavant, entre autres par DEMAY (1924) qui présumait ici la présence de nappes, puis par PATIJN (1937). Ce dernier y a distingué: (1) des roches de métamorphisme alpin mésozonal, surtout triasiques, de la « Mischungszone », reposant sur des schistes paléozoïques du type de la Sierra Nevada, c'est-à-dire des éléments de l'ensemble névado-filabride, et (2) des roches de métamorphisme alpin épizonal, surtout triasiques et plus anciennes appartenant à des nappes alpujarrides. PAVILLON (1963) a cru constater

dans la région de Perín, la présence d'un passage latéral d'une couverture triasique (non métamorphique selon elle) du type alpujarride dans le Sud, vers des métasédiments grenatifères de la « *Mischungszone* » dans le Nord. Ce faisant, elle exclut expressément l'existence d'un contact de charriage entre les deux « unités ». En été 1967, nous avons visité cette région afin de voir comment les grands ensembles tectoniques reconnus dans le secteur Sud-Est de la Zone Bétique se poursuivent vers l'Est. A notre avis, il y a lieu de distinguer dans la région de Perín trois unités tectoniques majeures, à savoir, du Sud au Nord: (1) une unité qui manifeste de fortes similitudes lithologiques avec la nappe de Variegato et que nous incorporons dans l'ensemble alpujarride, (2) une unité à métamorphisme alpin également assez faible, avec lithologie divergente, dont la partie basale est formée d'une série phyllito-quartzitique barriolée et la partie supérieure d'un paquet carbonaté, qui forme par exemple l'imposante paroi Nord de Las Peñas Blancas, et (3) une unité formée de roches de métamorphisme alpin mésozonal, qu'il faut, sans aucun doute, ranger dans l'ensemble névado-filabride. L'« unité de Peñas Blancas » nommée sous (2) est souvent très réduite par des causes tectoniques. En de nombreux endroits, on ne trouve plus sous les roches carbonatées, que quelques roches phyllito-quartzitiques fortement tectonisées. Ailleurs l'« unité de Peñas Blancas » est uniquement représentée par des cargneules. On est frappé de la similitude entre la série phyllito-quartzitique de cette unité et celle qui appartient à la partie supérieure de la nappe d'Almagro-Cucharón des Sierras de Almagro, de Carrascoy et de Orihuela, raison pour laquelle nous avons donc provisoirement incorporé l'« unité de Peñas Blancas » dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón (voir aussi la discussion à la suite de l'article de PAVILLON, 1963). Nous n'avons trouvé nulle part la transition graduelle du métamorphisme mentionnée par PAVILLON. Selon nous, les roches peu métamorphiques de l'« unité de Peñas Blancas » sont partout en contact tectonique très net avec les roches de métamorphisme mésozonal de l'ensemble névado-filabride.

Dans la région entre Portman et La Unión, PAVILLON (1966) a distingué une nappe alpujarride formée de roches de couverture, chevauchée sur un substratum métamorphique. Les dolérites non-métamorphiques, présentes dans les deux « unités » seraient postérieures à la mise en place de la nappe alpujarride (dans l'Oligo-Miocène?), et antérieures aux sédiments transgressifs d'âge miocène. La région en question n'a pas été visité par les présents auteurs. Il faut noter, cependant, qu'un peu plus vers l'Est, nous avons reconnu trois unités tectoniques majeures. L'unité inférieure appartient, sans aucun doute, à l'ensemble névado-filabride, tandis que l'unité chevauchante doit être incorporée dans l'ensemble alpujarride. Les séries de l'unité la plus haute manifestent déjà des similitudes avec les séries comparables des unités intermédiaires de la Sierra de España et de la zone de Lorca-Vélez Rubio (voir aussi note 2 de l'Appendice).

CHAPITRE V

ÉVOLUTION TECTONIQUE

OROGÉNÈSE ET MÉTAMORPHISME PRÉ-ALPINS

Ainsi que nous l'avons pu constater à plusieurs reprises dans ce qui précède, les séries de la plupart des unités structurales de la Zone Bétique trahissent, à côté de la déformation alpine, l'influence d'une ou de plusieurs orogénèses plus anciennes. Dans les séries alpujarrides et malaguides, on n'a pas, jusqu'à présent trouvé d'indications d'une déformation considérable liée à l'orogénèse hercynienne. On discute à ce propos la présence ou l'absence d'une discordance angulaire hercynienne. Selon les auteurs du présent article une telle discordance n'a été définitivement constatée dans la région d'exploration, quoique des arguments ont été amenés pour son existence (voir entre autres MACGILLAVRY *et al.*, 1960; SIMON, 1963; DE VRIES & ZWAAN, 1967). Il est en tout cas certain que l'orogénèse hercynienne n'a pas, dans les domaines alpujarride et malaguide, mené à un métamorphisme régional de quelque importance.

Dans les séries névado-filabrides, il est difficile d'apprécier l'influence d'orogénèses pré-alpines, étant donné que les effets en ont été en majeure partie effacés par le plissement et le métamorphisme alpin violents. Il semble par ailleurs évident d'attribuer aux intrusions granitiques d'âge permo-carbonifère que l'on trouve dans les socles des unités névado-filabrides supérieures (voir p. 30) un rapport avec une phase orogénique hercynienne (voir aussi NIJHUIS, 1964*b*). Certaines roches métamorphiques que l'on trouve localement dans les séries intéressées de la région de Lubrín-Bédar — en particulier celles avec des minéraux tels que le diopside, la chondrodite, et la vésuvianite — peuvent bien être touchées par un métamorphisme de contact se rapportant à l'emplacement des intrusions actuellement représentées par des gneiss granitiques et des métagranites (voir entre autres NIJHUIS, 1964*b*). L'on n'a cependant pas trouvé dans l'ensemble névado-filabride, des preuves décisives d'un métamorphisme régional hercynien.

Un cycle orogénique pré-hercynien beaucoup plus important se remarque, par exemple, dans la série de socle alpujarride de la Sierra de las Estancias par la nette différence de l'intensité du métamorphisme entre la série des phyllites, quartzites et métagrauweekes provisoirement attribuées au Dévono-Carbonifère, d'une part, et la série basale de mica-schistes et de quartzites, d'autre part (voir p. 38-40). Le métamorphisme régional mésozonal avec, entre autres, du grenat et de la staurotide, qui caractérise une partie des roches de la dernière série nommée, a été provisoirement qualifiée de pré-silurienne (EGELER, 1963, p. 265-266). Bien qu'il ne soit pas possible de se prononcer définitivement, il est tentant

d'établir une corrélation entre le métamorphisme pré-alpin mésozonal, reconnu dans les roches des socles névado-filabrides grâce à des reliques de disthène, de staurotide et de grenat (voir entre autres NIJHUIS, 1964b) et le métamorphisme du socle alpujarride. Il ne faut d'ailleurs pas exclure la possibilité que l'on trouve dans les diverses séries de socle des roches qui ont subi plus qu'une orogénèse pré-silurienne (voir DE VRIES & ZWAAN, 1967, p. 447).

Pour déterminer en quelle mesure les directions tectoniques se rapportant aux mouvements pré-alpins se sont maintenues durant les chevauchements et les plissements alpins, des études de détail sont nécessaires. En ce qui concerne les structures présumées pré-siluriennes, c'est surtout l'unité alpujarride des Sierras Cabrera et Alhamilla, avec son cristallin basal bien développé, qui doit être prise en considération. Ici, en effet, le plissement et le métamorphisme de la série de couverture permotriassique et triassique et des roches dévono-carbonifères du socle ne sont que faibles en comparaison à ceux des roches de socle plus profondes, de sorte que les structures initiales dans ces dernières se seront conservées en grande partie (voir aussi RONDEEL, 1965). Il semble peu probable qu'il en soit de même dans les séries de socle des unités névado-filabrides; les résultats d'une étude provisoire sur ce sujet laissent en tout cas peu d'espoir. Pour vérifier une éventuelle direction hercynienne divergente, c'est la série alpujarride bien développée de la Sierra de las Estancias qui s'y prête sans doute le mieux.

OROGÉNÈSE ET MÉTAMORPHISME ALPINS

L'évolution tectonique de la partie interne des Cordillères Bétiques au cours de l'orogénèse alpine possède un caractère très complexe, raison pour laquelle nos connaissances à cet égard sont encore incomplètes. Il est en tout cas clair que l'édifice structural actuel de la Zone Bétique résulte de plusieurs phases alpines, à caractères différents. Il est clair aussi qu'au moins deux phases « aînées » ont été si intenses qu'elles ont conduit à la formation de nappes. Il s'avère que le rôle de la dernière de ces phases principales a été à tel point déterminant pour l'architecture tectonique finale, que les témoins des mouvements antérieurs se sont estompés ou ont disparu. Il s'ensuit que la reconstitution de l'histoire alpine précoce est condamnée à demeurer plus ou moins hypothétique (EGELER & BODENHAUSEN, 1964).

Pour traiter des événements tectoniques qui, durant l'orogénèse alpine, ont mené à la structure définitive de la Zone Bétique, une distinction entre les mouvements de nappes et les mouvements post-nappes semble le plus pratique.

Mouvements de nappes

L'empilement de nappes. L'analyse des divers grands ensembles tectoniques de la Zone Bétique et de leur corrélation mutuelle, a fourni

un certain nombre de données qui semblent justifier quelques conclusions concernant les charriages initiaux.

Signalons tout d'abord la frappante différence d'intensité du métamorphisme régional alpin qui caractérise les roches lithologiquement comparables de divers ensembles. C'est ainsi que nous avons vu de la description des principales unités structurales que les roches de l'ensemble névado-filabride sont caractérisées, régionalement, par un métamorphisme cinématique mésozonal d'âge alpin alors que celles de l'ensemble alpujarride ne le sont que par un métamorphisme épizonal assez faible. Puis, nous avons vu que dans la nappe d'Almagro-Cucharón de l'ensemble de Ballabona-Cucharón le degré de recristallisation alpine concorde à peu près avec celui des éléments alpujarrides, et que le degré de recristallisation des roches de la nappe de Ballabona est en général un peu plus élevé, bien que toujours nettement moins que celui qui caractérise les unités névado-filabrides. Dans l'ensemble malaguide, nous avons vu que la recristallisation alpine est pratiquement négligable, sauf dans certaines unités intermédiaires (voir p. 47-49).

A part ces frappantes discontinuités dans l'intensité de métamorphisme alpin aux contacts anormaux majeurs, ce sont les cargneules (brèches tectoniques riches en carbonate), présentes surtout dans les ensembles inférieurs, qui méritent une attention spéciale. Il s'agit nommément ici de brèches polygéniques à développement souvent pseudo-conglomératique (voir note à la p. 36) qui, à côté de fragments de roches carbonatées, contiennent aussi des fragments d'autres roches, à savoir de roches pelitiques et psammitiques, de metabasites et de serpentinites. Ainsi que BROUWER et quelques-uns de ces élèves l'avaient déjà constaté, ces brèches souvent bizarres sont d'origine tectonique. Au cours d'études de détail effectuées dans la région de Menas de Serón dans le Nord de la Sierra de los Filabres (LEINE & EGELER, 1962; LEINE, 1968), où les cargneules polygéniques se rencontrent surtout dans la « nappe de Tetica » de l'ensemble de Ballabona-Cucharón mais aussi dans des unités névado-filabrides, il a été reconnu qu'elles ont pris naissance dans certains horizons lithostratigraphiques, au cours d'importants charriages, à la suite de translations internes, processus dans lequel la présence de gypse (ou d'anhydrite) a souvent été décisive. Pour la reconstitution de l'histoire orogénique précoce un fait d'importance capitale est que la brecciation paraît s'être effectuée, en grande partie au moins, après la fin du métamorphisme cinématique alpin (voir aussi JANSEN, 1936), ainsi qu'il découle de l'orientation « arbitraire » de la schistosité de divers fragments de roches métamorphiques permo-triasiques et triasiques. Le plus souvent les cargneules sont interstratifiées dans la série. Parfois, cependant, on les trouve le long des contacts de nappes, y compris des contacts de nappes appartenant à des ensembles tectoniques différents (voir entre autres LEINE & EGELER, 1962; LEINE, 1968; VOET, 1967).

La discontinuité de l'intensité du métamorphisme cinématique d'âge

alpin aux contacts d'ensembles tectoniques, de même que le développement des cargneules polygéniques avec leurs fragments métamorphiques alpins, indiquent d'importantes translations tangentielles après ce métamorphisme. A notre avis, il est le plus plausible de mettre le métamorphisme cinématique en rapport avec un empilement de nappes établi au cours d'une période initiale de chevauchement (LEINE & EGELER, 1962; DE ROEVER & NIJHUIS, 1963; NIJHUIS, 1964*b*; LEINE, 1968; voir pourtant aussi DE ROEVER, 1967). L'interruption de la continuité originelle du métamorphisme se serait alors produite pendant la phase plus jeune de formation de nappes. Ces charriages ont occasionné une forte réduction de séries et même un biseautage complet de quelques unités tectoniques (LEINE, 1966; VOET, 1967), et aussi la formation de la plus grande partie au moins des brèches, dans des circonstances physiques apparemment fort différentes de celles qui avaient régné auparavant (voir entre autres JANSSEN, 1936; EGELER & BODENHAUSEN, 1964; LEINE, 1968).

Il va sans dire que toute reconstitution de la « pile de nappes initiale », formée au cours de la phase principale plus ancienne, doit rester à l'état d'hypothèse. Il est cependant devenu clair que cette pile différerait en des points essentiels de celle actuellement représentée dans la partie Sud-Est de la Zone Bétique. Cette conclusion est surtout motivée par les discontinuités d'intensité de métamorphisme alpin aux contacts anormaux entre des grands ensembles tectoniques. Il ne semble, en effet, guère possible d'expliquer la frappante saute d'intensité de métamorphisme entre les roches mésozonales de l'ensemble névado-filabride et les roches épizonales (presque toujours partie inférieure du faciès schiste vert) des éléments de l'ensemble de Ballabona-Cucharón susjacent, uniquement par des translations post-métamorphiques le long du plan de charriage initial entre ces deux, étant donné que le degré de métamorphisme des unités de nappes en question a paru être assez constant, aussi bien transversalement que longitudinalement. L'explication la plus plausible semble être « qu'il manque quelque chose » dans la succession tectonique actuelle. Ainsi, une unité comme la nappe de Ballabona représenterait une partie, décollée et déplacée au cours de la phase principale plus récente de l'orogénèse, de la couverture d'une nappe de socle de la « pile de nappes initiale ». L'on peut supposer que le décollement a suivi un des niveaux gypsifères du Trias supérieur (voir fig. 9). La transition graduelle du métamorphisme épizonal à mésozonal, devrait alors être cherchée dans la partie « restée en arrière » de la nappe initiale, c'est-à-dire dans le socle et dans la partie basale de la couverture.

L'explication de la saute de métamorphisme souvent frappante entre des séries de roches « typiquement malaguides » et celles de l'ensemble alpujarride sous-jacent — respectivement peu ou pas du tout influencées par le métamorphisme alpin et toujours épimétamorphiques — doit, à notre avis, être également cherchée dans l'absence d'éléments initiaux dans la pile de nappes actuelle. Dans ce cas on peut notamment penser à une

absence des unités intermédiaires que l'on a trouvées dans certains terrains dans la partie basale de l'ensemble malaguide (voir p. 47-49) et dont les séries, par le fait de leur degré de recristallisation d'âge alpin, manifestent déjà des affinités indéniables avec celles des unités alpujarrides. La saute de roches non-métamorphiques à épimétamorphiques pourrait être aussi attribué à une absence d'une partie du socle malaguide. Dans la partie orientale de la Zone Bétique ce socle consiste exclusivement en sédiments paléozoïques essentiellement non-métamorphiques. Plus vers l'Ouest, cependant, le socle malaguide comporte en plus, selon quelques auteurs, une base cristalline plus ancienne (voir entre autres MOLLAT, 1965; GONZÁLEZ DONOSO & VERA, 1965).

Il sera clair que le raisonnement exposé dans ce qui précède entraînera comme conséquence que l'édifice de nappes que nous connaissons à présent a été modelé en grande partie par la phase principale plus jeune de l'orogénèse alpine. Il en découle, que la « pile de nappes initiale » se trouvait à une distance considérable de la Zone Bétique actuelle.

Direction des mouvements de nappes. Les opinions divergent toujours quant à la direction selon laquelle les grands charriages se sont produits, ceci à cause de l'incertitude concernant la disposition paléogéographique originelle. Les controverses reviennent toujours se concentrer sur la position de l'aire de dépôt malaguide. Certaines analogies entre les séries malaguides et celles du Subbétique ont incité divers chercheurs à admettre que leurs domaines paléogéographiques étaient immédiatement voisins (voir entre autres DURAND DELGA, 1966; PAQUET, 1967*b*; voir aussi MACGILLAVRY, 1964). Pour l'un des auteurs du présent article (voir EGELER & DE BOOY, 1960-1962) ces analogies furent une raison pour présumer, partant d'une provenance méridionale de l'ensemble malaguide, une origine « ultra » pour tout au moins de grandes parties du Subbétique. Cette dernière possibilité semble bien être définitivement rejetée, grâce surtout aux résultats de nos collègues français et espagnols dans la partie externe de l'orogène bétique (voir surtout PAQUET, 1962*c*; BUSNARDO, 1964; FOUCAULT, 1964; AZÉMA, 1965; FONTBOTÉ & GARCIA DUEÑAS, 1968). Il est bien certain, en effet — DURAND DELGA (1966) l'a encore récemment souligné — que la partie Nord du Subbétique et la partie Sud du Prébétique étaient paléogéographiquement voisines et que leur liaison se trouve dans quelques unités intermédiaires. L'ensemble malaguide est-il également originaire du Nord, ou les similitudes présumées entre certaines parties de la série malaguide et celle du Subbétique doivent-ils être considérées comme dues à des convergences? Nous pensons que la dernière hypothèse devra être retenue, comme il ressort de ce que va suivre.

Par rapport aux séries de l'ensemble malaguide et de l'ensemble alpujarride, l'accord est à peu près unanime, de nos jours, sur une parenté paléogéographique plus ou moins étroite, opinion qui se trouve confirmée

par le fait que l'on a reconnu récemment, dans les parties Est de la Zone Bétique, des éléments à caractère intermédiaire (voir p. 47-49). Reste la question concernant la provenance du Nord ou bien du Sud des ensembles en question.

Tenant compte par ailleurs de la superposition tectonique régionale dans la Zone Bétique et considérant que des éléments de tous les quatre grands ensembles tectoniques sont représentés des deux côtés de l'axe Sierra Nevada—Sierra de los Filabres¹⁾, il ne paraît y avoir que deux possibilités fondamentales au sujet de la disposition paléogéographique, savoir :

- I Nord → Sud: domaine malaguide — domaine alpujarride — domaine de Ballabona-Cucharón — domaine névado-filabride.
- II Nord → Sud: domaine névado-filabride — domaine de Ballabona-Cucharón — domaine alpujarride — domaine malaguide.

Au sujet de la première possibilité, à savoir une provenance du Nord de l'ensemble malaguide, ce sont surtout les idées de DURAND DELGA (1966; voir aussi, 1963) qui ont fait florès. Ce savant français, en effet, partant d'une étroite parenté entre l'ensemble malaguide et le Subbétique, a su avec son « hypothèse de la succion » (fig. 14) répondre de fort ingénieuse

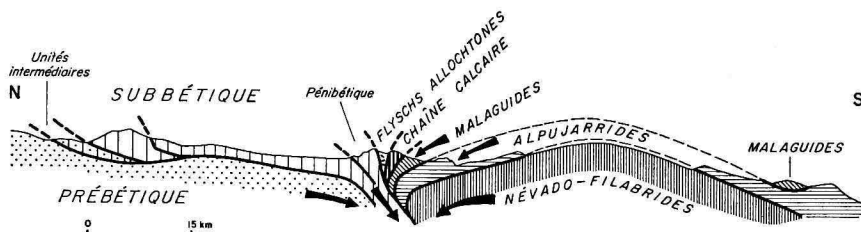


Fig. 14. Coupe structurale d'ensemble des Cordillères Bétiques (très schématique). Les flèches indiquent les déplacements de matières, dans l'hypothèse de la succion. D'après DURAND DELGA (1966).

manière aux problèmes spatiaux très considérables que des charriages de nappes dirigés vers le Sud semblaient comporter. Nous n'insisterons pas ici sur toutes les conséquences de la conception de DURAND DELGA, dont il dit d'ailleurs lui-même: « Ce n'est qu'une hypothèse, basée sur la notion, difficilement vérifiable, de succion infracrustale (« Verschlussung ») » (*op. cit.*, p. 12). Quelques remarques s'imposent toutefois.

L'implication la plus révolutionnaire du processus de mouvements avancé consiste en l'énorme déplacement latéral qu'aurait dû avoir subi l'ensemble névado-filabride, y compris l'unité basale avec son socle

¹⁾ Le doute, exprimé par FERNEX (1965) quant à l'existence de la fenêtre de la Sierra de la Almenara et de la Sierra de los Filabres-Sierra Nevada en raison de l'incertitude présumée sur la corrélation directe entre les unités structurales des deux côtés, est contredit par les faits (voir p. 57-60). On peut même constater que la structure en fenêtre régionale, reconnue par BROUWER et ses élèves, a été confirmée d'impressionnante façon par les résultats des recherches récentes.

puissant de « cristallin de la Sierra Nevada ». En considération de l'« autochtonie relative » généralement admise pour cet élément névado-filabride le plus profond, ceci constitue un point de vue d'une surprenante nouveauté.

Un point suivant est soulevé par la position des « flyschs », désignés comme allochtones (voir fig. 14). Une allochtonie comme celle qu'admettaient jadis quelques membres de l'équipe française, à savoir une provenance « ultra » (voir entre autres DURAND DELGA, 1961), serait évidemment impossible à faire accorder avec le mécanisme de mouvement présumé. Cette objection a toutefois perdu sa portée du fait de l'interprétation récente de DURAND DELGA (1966; voir à cet égard aussi 1963) selon laquelle les séries en question sont censés avoir été déposés dans la région limite des zones interne et externe (voir aussi PAQUET, 1967b).

Le dernier point, pour nous évidemment le plus important, touche la question en quelle mesure l'« hypothèse de la succion » de DURAND DELGA s'accorde avec nos conceptions antérieurement exposées relatives aux mouvements qui ont conduit à la formation de nappes. Ici, nous nous mouvons sur le terrain dangereux de la confrontation d'une hypothèse et d'une conception qui est partiellement, elle-même, hypothétique. Mais si nous admettons que notre conception est en principe correcte, il faut admettre un recouvrement régional des ensembles plus profonds par l'ensemble malaguide au cours d'une période relativement précoce de l'évolution orogénique, et aussi de vastes translations au cours de la plus jeune des phases principales de chevauchement, avec abandon de parties de la « pile de nappes initiale ». Ce sont là des conditions auxquelles il n'est pas répondu, pour autant que nous puissions suivre la chose, dans le cas d'un développement dans le sens de l'« hypothèse de la succion ».

La seconde possibilité fondamentale par rapport à la disposition paléogéographique initiale, à savoir une provenance du Sud de l'ensemble malaguide, présente le grand avantage d'un « espace de libre jeu », condition indispensable à notre conception regardant le développement de l'édifice de nappes de la Zone Bétique. C'est surtout pour cette raison que nous en sommes arrivés à accorder notre préférence à l'hypothèse de charriages dirigés vers le Nord. Notons que selon cette conception, la position des domaines paléogéographiques des ensembles de la Zone Bétique par rapport à celle de la zone externe de l'orogène n'est pas fixée par avance.

On ne saurait considérer, indépendamment du problème de la direction du déplacement de nappes, le problème de la « courbure de Gibraltar », qui constitue le lien entre les Cordillères Bétiques et le Rif, problème qui a préoccupé de nombreux géologues (voir entre autres, FALLOT, 1948, p. 162-165). Selon DURAND DELGA (entre autres, 1966, p. 24-25), il s'agirait ici d'une courbure initiale marquée dans la paléogéographie et accentuée par une évolution secondaire, conception qui repose entre autres sur la présence, en Afrique du Nord, d'équivalents présumés des ensembles alpujarride et malaguide des Cordillères Bétiques. Cette interprétation,

avec laquelle il semble difficile de faire accorder une direction Nord des charriages des nappes bétiques, doit, à notre avis, encore être vérifiée. A cet égard, les résultats d'une récente investigation faite par ROBERTS & STRIDE (1968) donnent à réfléchir. En effet, ils pensent avoir trouvé au Sud-Ouest de Cadix, la continuation des séries fort déformées et métamorphisées des chaînes bétiques, cela à une distance d'une centaine de kilomètres de la côte. Cela signifie-t-il que les grands charriages de la Zone Bétique se poursuivent dans l'Atlantique, ainsi que l'ont supposé, entre autres, TERMIER, KOBER et STAUB, et que la « courbure de Gibraltar » n'est rien d'autre qu'une structure « secondaire », engendrée par des mouvements alpins relativement tardifs ?

Avec ces considérations, cependant, nous sortons du cadre de notre sujet. Le but que nous poursuivons ici n'est pas, en effet, d'émettre une opinion sur la corrélation entre les chaînes bétiques et celles de l'Afrique du Nord. Contentons-nous donc de constater qu'à la lumière de notre analyse de l'évolution tectonique de la Zone Bétique, nous estimons l'hypothèse des mouvements de nappes dirigés vers le Nord comme étant la plus plausible.

L'âge des mouvements de nappes. L'attribution d'un âge aux phases qui ont conduit à la formation des nappes de charriage dans la Zone Bétique, se heurte à de grosses difficultés en raison de l'incertitude sur l'âge d'une partie des séries en question, et du métamorphisme que celles-ci ont subi lors de l'orogénèse alpine. Ceci vaut évidemment surtout pour l'âge à attribuer aux mouvements qui ont mené à la formation de la « pile de nappes initiale ».

Plusieurs membres de l'équipe de BROUWER ont pensé que les mouvements de nappes se sont produits relativement tôt au cours du Mésozoïque, c'est-à-dire à la fin du Trias (BANTING, 1933b; PATIJN, 1937) ou au cours du Jurassique (VAN BEMMELEN, 1927; WESTERVELD, 1929). L'argument principal en faveur de cette thèse était que des roches mésozoïques plus jeunes, à savoir des roches post-triasiques ou post-liassiques, feraient défaut dans les séries des nappes alpujarrides¹⁾, phénomène qu'il faudrait attribuer à une « transgression tectonique », c'est-à-dire empêchement de sédimentation continuée, à la suite d'un recouvrement par des éléments tectoniques supérieurs. Pour recouvrir l'ensemble alpujarride il fallait s'adresser à l'ensemble malaguide, lequel montre des dépôts mésozoïques plus jeunes ainsi que des dépôts du Tertiaire ancien.

L'hypothèse des mouvements de nappes dans le Mésozoïque relativement ancien n'a pas rencontré un assentiment général. La plupart des auteurs plus récents sont d'avis que les mouvements principaux dans la

¹⁾ Les nappes alpujarrides de ces auteurs embrassent des éléments que nous rangeons dans l'ensemble alpujarride, au sens du présent article, mais aussi des éléments que nous incorporons dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón.

Zone Bétique ont eu lieu considérablement plus tard, à savoir au cours du Tertiaire. Ainsi BLUMENTHAL & FALLOT (1935), par exemple, estimaient que, dans les Alpujarrides, il ne s'était point produit de phases orogéniques importantes avant la fin du Crétacé, et que les mouvements les plus importants se sont réalisés entre le Maestrichtien et le Lutétien. L'ensemble malaguide se serait déplacé vers le Nord après le chevauchement des unités alpujarrides, au cours de l'Éocène supérieur ou de l'Oligocène inférieur (FALLOT, 1948). Tout récemment, toutefois, la notion de mouvements précoces (anté-crétacés) est redevenue actuelle à la suite de résultats obtenus par des membres de l'équipe allemande dans la partie Ouest de la Zone Bétique, où, dès le Jurassique moyen, des éléments malaguides auraient chevauché des équivalents présumés de l'ensemble alpujarride (voir entre autres, DÜRR, 1963; HOEPPENER *et al.*, 1963, 1964; voir aussi p. 50-53).

Ce qui précède soulève bien quelques questions. Tout d'abord, il s'agit de vérifier s'il est justifié de supposer l'absence de roches du Mésozoïque récent dans les ensembles tectoniques inférieurs. Pour le moment il est impossible de se prononcer définitivement là-dessus. En tout cas, la présence de sédiments post-triasiques n'a été prouvée ni dans l'ensemble névado-filabride, ni dans l'ensemble alpujarride, bien-qu'elle ait été supposée par quelques auteurs (voir entre autres STAUB, 1934; BLUMENTHAL, 1935). On présume pour des motifs d'ordre lithologique, la présence locale de dépôts jurassiques dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón (à savoir dans la Sierra de Almagro et dans la région au Sud-Est d'Albatera), mais les preuves paléontologiques manquent. La présence de dépôts jurassiques inférieurs est bien prouvée par contre dans la partie occidentale de la Zone Bétique, à savoir dans l'« unité de Nieves » (voir entre autres DÜRR, 1963), élément que nous voulons bien ranger provisoirement dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón. Les sédiments en question s'y présentent dans la partie supérieure de la série, au-dessous de roches d'âge inconnu (voir p. 51). Puis, des sédiments fossilifères du Jurassique supérieur sont représentés dans la Zone Bétique orientale, entre Aguilas et Carthagène, dans des éléments qui sont, pour le moment, rangés dans l'ensemble malaguide. Il faut noter, cependant, que la lithostratigraphie de ces séries semble être intermédiaire entre celle des éléments « typiquement malaguides » et celle des éléments « typiquement alpujarrides » (voir DURAND DELGA *et al.*, 1962; DURAND DELGA, 1968; voir aussi p. 60).

Un facteur dont l'on n'a pas encore tenu assez compte jusqu'à présent est l'âge des intrusions basiques que l'on trouve dans les séries de couverture des grands ensembles tectoniques. Du fait que ces roches ont subi le métamorphisme cinématique alpin ¹⁾, l'on peut déduire qu'elles ont été

¹⁾ Une exception à cette règle là constituent les intrusions basiques qui affleurent dans les séries malaguide et alpujarride de la région de Vélez Rubio; on estime qu'elles ont été injectées après la mise en place des unités en question (voir aussi p. 40-41, p. 45).

formées avant l'empilement de nappes et représentent donc, comme telles, un élément intégral des ensembles en question. Ces roches sont intrusives dans des séries permo-triasiques des ensembles alpujarride et malaguide, dans des séries permo-triasiques et triasiques moyennes à supérieures de l'ensemble de Ballabona-Cucharón et dans des séries permo-triasiques et triasiques (et plus jeunes?) de l'ensemble névado-filabride. Ainsi, il en découle qu'il faut tenir compte que les intrusions basiques dans la Zone Bétique sont, en partie du moins, post-triasiques. Il est évident qu'une détermination d'âge de ces roches pourra prendre une importance capitale pour attribuer un âge plus précis aux mouvements de nappes initiaux. C'est pourquoi l'on a entamé récemment une étude radiométrique, dont le résultat n'est d'ailleurs pas encore définitif.

Une autre question que l'on doit se poser, est celle de savoir jusqu'à quel point le développement de la série malaguide dans la partie orientale de la Zone Bétique se laisse accorder avec des mouvements de nappes de grande envergure au cours du Jurassique. Il y a lieu d'y répondre que, si, d'une part, le caractère partiellement réduit et discontinu des dépôts jurassiques traduit bien une instabilité, il est, d'autre part, extrêmement improbable que cela implique un chevauchement régional de l'ensemble malaguide (voir, entre autres, PAQUET, 1967*b*). De même, le développement de la série crétacée, bien que caractérisé par de nombreuses lacunes, ne donne pas lieu, à notre avis, à présumer l'existence d'importants mouvements tangentiels dans le domaine malaguide ¹). Aussi dans la série de l'Eocène inférieure, il n'y a nulle part, de déformations accentuées par des discordances angulaires. Dans notre région d'exploration la première discordance angulaire a été décrite dans l'Eocène moyen (MACGILLAVRY *et al.*, 1963; voir aussi p. 46 et fig. 11).

A la lumière de ce qui précède, nous devons donc envisager comment l'on pourrait expliquer l'absence présumée de dépôts post-liassiques dans les séries des ensembles tectoniques inférieurs, autrement que par « transgression tectonique » ²). L'alternative la plus indiquée est que la sédimentation s'est bien produite mais que les dépôts qui en résultaient avaient déjà été éliminés par l'érosion avant l'empilement de nappes. Ce raisonnement devient séduisant si, en se rappelant les conditions qui ont régné dans le domaine malaguide, l'on admet aussi pour les domaines intéressés une sédimentation post-triasique plus ou moins condensée. Des dépôts réduits pourraient être érodés en peu de temps et la quantité de débris

¹) A cet égard, il faut relever que dans la zone externe des Cordillères FONTBOTÉ & GARCIA-DUEÑAS (1968) ont décrit dans le Subbétique (le long de la transversale de la Sierra Arana) des translations considérables qui auraient un âge mesozoïque anté-sénonien.

²) L'hypothèse de STAUB (1934), expliquant le manque presque total des roches post-triasiques dans quelques unités de la Zone Bétique par décollement vers le Nord (voir p. 21 et fig. 5 B), a paru insoutenable à la lumière des recherches plus récentes (voir FALLOT, 1948).

serait relativement faible. Le fait que ces débris n'aient été reconnus nulle part peut être expliqué de diverses façons. L'une d'elle est que les matériaux en question — peut-être accumulés localement — aient déjà été « passés » au cours des chevauchements précoces, c'est-à-dire qu'ils étaient « restés en arrière » lors de la formation de la « pile de nappes initiale ». De même, il ne faut pas exclure la possibilité que les débris en majeure partie carbonatés aient disparu assez tôt par dissolution.

Si nous admettons, en nous basant sur ce qui précède, que l'empilement de nappes dans la Zone Bétique orientale n'a été achevée qu'au Tertiaire, il reste à savoir quand donc la mise en place finale de l'ensemble malaguide a eu lieu. Comme il a déjà été dit (p. 46), l'opinion préconisée tout d'abord par la plupart des membres de l'équipe d'Amsterdam, selon laquelle elle n'avait eu lieu qu'après le dépôt de la « formation de Ciudad Granada » d'âge oligo-miocène (ROEP & MACGILLAVRY, 1962), nous semble être discutable. La mise en place finale de l'ensemble malaguide serait déjà terminée auparavant. Comme déjà mentionnée (p. 45-47), l'incertitude, qui subsiste encore quant à l'âge exact de cette mise en place, est due à la divergence d'opinions quelles sont les roches les plus jeunes de l'ensemble malaguide, d'une part, et les sédiments les plus anciens de la série post-nappe, d'autre part.

L'exposé précédent a bien mis en évidence qu'il demeure des incertitudes sur les mouvements de nappes dans la Zone Bétique; mais, par ailleurs, nos observations justifient de tirer certaines conclusions qui jettent de nouvelles clartés sur l'évolution paroxysmale et qui peuvent servir comme point de départ à des recherches plus poussées. Il nous faut être conscient que l'on a certainement simplifié, autrement dit, que le cours des événements aura, en réalité, été encore plus compliqué qu'il ne découle de notre tentative de reconstitution. Il demeure notamment incertain en quelle mesure les diverses unités structurales se sont développées simultanément en sens transversal de l'orogène. Une dénomination telle que « phase de formation de nappes » doit donc être interprétée avec toutes les réserves nécessaires. Il n'est pas davantage établi que les mouvements orogéniques ont commencé partout en même temps dans la direction de la Zone Bétique. Ceci implique entre autres qu'un éventuel chevauchement d'âge jurassique dans l'Ouest (voir p. 52) ne justifie pas automatiquement des conclusions concernant le début des charriages plus vers l'Est.

Mouvements post-nappes

L'édifice structural actuel de la Zone Bétique trahit que des déformations tangentielles ont joué un rôle assez important après la mise en place des nappes. A remarquer aussi que ces mouvements post-nappes ne se sont pas manifestés partout de la même façon.

Dans la partie Nord de la Sierra de los Filabres, l'effet des mouvements post-nappes s'est fait sentir d'une manière particulièrement vive. Ici, des translations tardives paraissent avoir amené des modifications considé-

rables dans la superposition des nappes, en ce sens que des unités plus profondes à l'origine ont chevauché, sur des distances considérables, des unités plus hautes. Des exemples de telles successions tectoniques « anormales » ont été découvertes, il y a de longues années déjà, par BROUWER et JANSEN dans la partie Nord-Ouest de la Sierra de los Filabres (voir entre autres BROUWER, 1934; JANSEN, 1936). Dans notre région d'exploration, ces successions apparaissent de façon spectaculaire surtout dans la zone de Macael – Cóbдар. Comme VOET (1967) l'a décrit, elles y résultent de plis-failles couchés dirigés vers le Nord, dans la pile de nappes (voir figs. 15 et 16). Il distingue deux masses superposées, formées chacune d'une pile de nappes en partie fort réduites, décollée de l'unité névado-filabride la plus profonde (= l'unité de Névado-Lubrín) et charriée par-dessus la plus haute unité présente (la nappe de Variegato de l'ensemble alpujarride). La figure 16 montre schématiquement le cours le plus probable des événements lors du développement de ces klippes complexes (les « masses de charriage tardives » de VOET). La masse supérieure peut être mise en corrélation avec la « masse de chevauchement secondaire » distinguée par BICKER (1966) dans le Nord-Est de la chaîne, ce qui implique que l'on peut suivre l'élément en question, avec des interruptions, sur une distance d'au moins 20 km dans la direction (fig. 7). Dans la région de Macael-Cóbдар le déplacement minimum de la klippe supérieure par rapport à la position initiale dans la pile de nappes a été estimé à 7 km, et celui de la klippe inférieure à 2 km (VOET, 1967). LEINE (1968; voir aussi 1966) est d'avis que, se basant sur des recherches dans la région de Menas de Serón située plus vers l'Ouest, ce sont deux phases post-nappes différentes qui ont produit des successions tectoniques « anormales ». Selon lui des « masses de chevauchement secondaires » à structures complexes se seraient déjà développées antérieurement à la naissance des plis-failles couchés cités plus haut, à la suite de translations le long de plans de cisaillement qui coupent la pile de nappes¹).

Au début, la naissance de successions tectoniques « anormales » a été attribuée en général à la phase principale plus jeune de formation de nappes (voir entre autres BROUWER, 1934; JANSEN, 1936; LEINE & EGELER, 1962; EGELER & BODENHAUSEN, 1964; LEINE, 1966). On peut conclure que la formation de ces successions est en réalité plus récente; cela résulte des faits suivants: (1) la discontinuité dans le degré de métamorphisme cinématique aux contacts d'ensembles tectoniques — discontinuité née durant le cours de cette phase principale plus jeune — a été également trouvée dans la pile de nappes impliquée dans les plis-failles couchés mentionnés ci-dessus, et (2) les cargneules polygéniques formées au cours de cette phase se retrouvent, déformées, dans les mêmes structures (voir VOET, 1967; LEINE, 1968). De plus, la distribution du

¹ Au cours de cette première phase post-nappe, il se serait formé par endroits des mégabréches (LEINE, 1968).

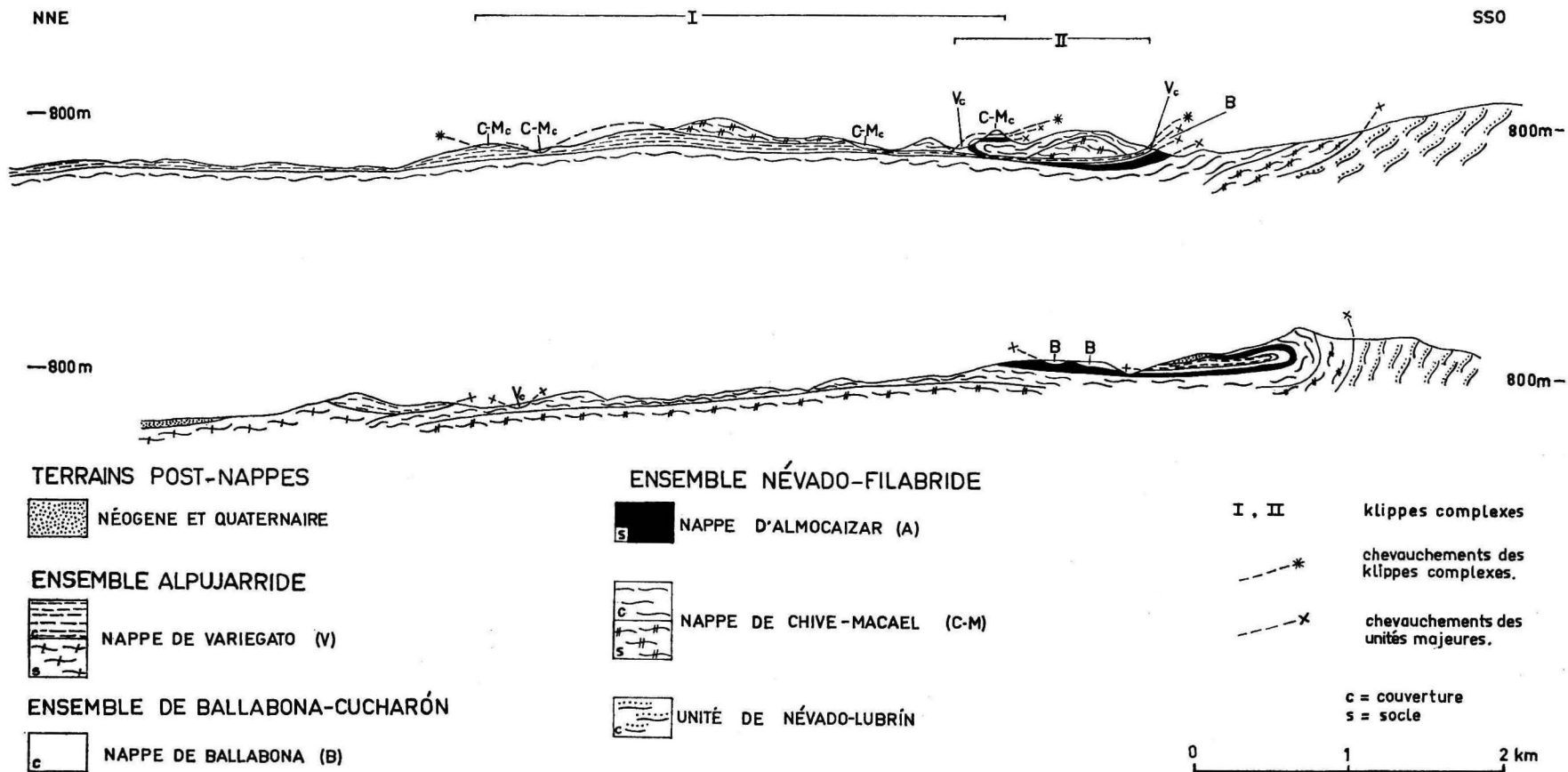
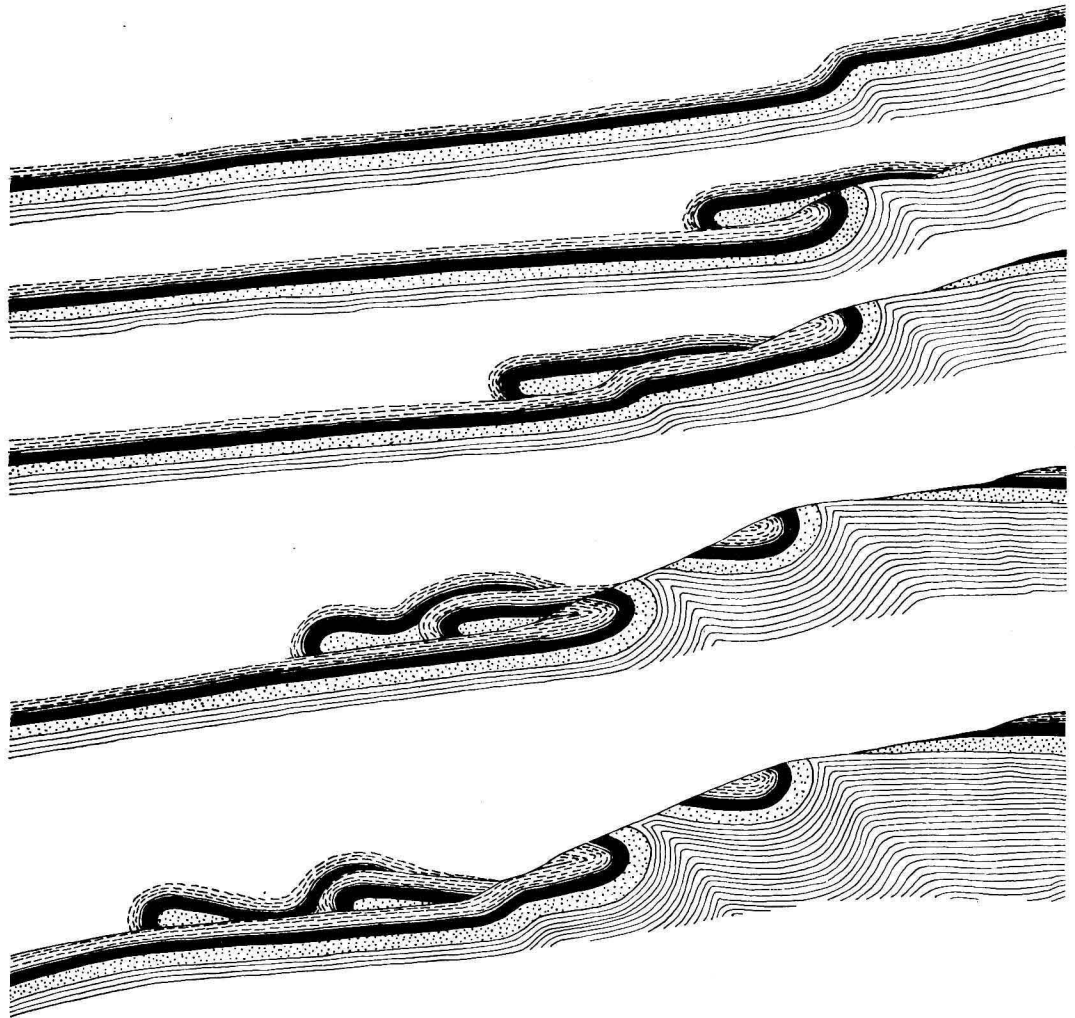


Fig. 15. Coupes à travers la région de Macael-Cóbdar (Sierra de los Filabres). D'après VOËT (1967) (légèrement modifiées).

N

S



TERRAINS POST-NAPPES



ENSEMBLE DE BALLABONA-CUCHARÓN ET ENSEMBLE ALPUJARRIDE



C = COUVERTURE

S = SOCLE

ENSEMBLE NÉVADO-FILABRIDE



NAPPE D'ALMOCAIZAR



NAPPE DE CHIVE-MACAEAL



UNITÉ DE NÉVADO-LUBRÍN (UNITÉ DE SECANO Y COMPRISE)

Fig. 16. Schéma idéalisé de la possibilité la plus plausible du développement des klippe complexes dans la séquence des nappes tectoniques (pas à échelle). La réduction et le biseautage d'éléments durant les phases post-nappes et/ou les phases tectoniques plus anciennes n'ont pas été pris en considération. D'après VOET (1967); voir aussi HELMERS & VOET (1967). La nappe d'Almocaizar a été indiqué par une très mince tranche entre l'ensemble de Ballabona-Cucharón et l'ensemble alpujarride (en haut) et la couverture de la nappe de Chive-Macael (en bas).

métamorphisme post-cinématique qui, après la formation de nappes, a surtout influencé les roches des ensembles inférieurs, implique que ce métamorphisme a précédé la formation des plis-failles couchés (VOET, 1967). Ainsi le caractère indépendant des mouvements en question se trouve démontré.

VOET (1967) suggère que le plissement de la pile de nappes constitue un phénomène relativement superficiel issu d'un glissement par gravité causé par le bombement tardif de la Sierra de los Filabres (fig. 16). La possibilité qu'un glissement ait pu jouer un rôle dans la naissance des successions tectoniques « anormales », avait déjà été prise en considération à la suite des extrêmes contrastes de compétence rencontrés dans les séries en question (EGELER & BODENHAUSEN, 1964).

Pour dater les mouvements post-nappes l'analyse des séries « post-orogéniques » est capitale. Dans le bassin de Vera on y a reconnu plusieurs discordances, parmi lesquelles la plus importante est de loin une discordance angulaire nettement marquée séparant les sédiments du Néogène « plus ancien » de ceux du Néogène « plus jeune ». Il faut signaler ici le contraste entre les éléments clastiques des séries des deux côtés de la discordance. Alors que l'on ne trouve, dans la série plus ancienne, que des matériaux dérivés des ensembles tectoniques supérieurs, c'est-à-dire des ensembles alpujarride et malaguide, la série plus jeune se caractérise par une prépondérance de fragments souvent très grossiers provenant sans aucun doute de l'ensemble névado-filabride. Ce brusque apport de matériel mésométamorphique implique que la dénudation de la pile de nappes avait alors progressé déjà au point que des parties considérables du « noyau cristallin » du massif avaient été mises à jour (EGELER & DE BOOY, 1960-1962). Récemment, VÖLK (1967b) a fait une tentative de corrélation entre les mouvements auxquels est due la discordance en question et les mouvements post-nappes décrits par VOET (1967) dans la partie Nord de la Sierra de los Filabres (voir p. 74). Cette phase de mouvements serait, selon VÖLK (1967a, p. 136-137; tableau 2) située, du point de vue stratigraphique, entre les zones plus profondes basées sur le sub-species de *Globorotalia fohsi* et ses variétés, et la zone de *Globorotalia acostaensis* (BOLLI, 1966), ce qui indique un âge helvétien à tortonien pour cette phase orogénique. Sa suggestion que la rapide érosion des unités tectoniques les plus profondes est en rapport avec le bombement de la chaîne — que VOET (1967) avait admis comme cause de sa phase de déformation tardive — semble acceptable. On peut se demander dans quelle mesure les mouvements compressifs qui se manifestent au-dessous de la discordance majeure du bassin de Vera, dans la série du Néogène « plus ancien » (VÖLK, 1967a, p. 136-137), sont liés à la phase plus ancienne des mouvements post-nappes, distinguée par LEINE (1968; voir aussi p. 74).

De même, dans la partie plus septentrionale du secteur étudié de la Zone Bétique, à savoir dans la région de la Sierra de las Estancias, trouve-t-on l'indication de mouvements très considérables qui ont eu lieu après

la formation de nappes, c'est-à-dire lorsque les éléments alpujarrides et malaguides avaient déjà atteint largement leur position actuelle. Dans ce cas-là, les mouvements s'expriment par plissement et imbrication nettement dirigés vers le Sud. Un exemple illustrant ces déformations tardives se trouve dans la Sierra de las Estancias, constituée de roches alpujarrides (DE VRIES & ZWAAN, 1967). La partie supérieure de cette chaîne de montagnes est formée par un synclinal renversé vers le Sud dont surtout le flanc Nord a été violemment plissé et imbriqué (EGELER & BODENHAUSEN, 1964; voir aussi table III). Plus au Nord, dans le corridor de Vélez Rubio, un nombre considérable de failles, le plus souvent inclinées vers le Nord, s'est développé dans les séries alpujarrides et malaguides et par endroits aussi dans les sédiments post-nappes de la « formation de Fuente ». Cette dernière formation a fourni une association de faune planctonique qui appartient à la zone de *Globigerina stainforthi* ou à la zone inférieure de *Globigerinatella insueta* (HERMES, dans MACGILLAVRY *et al.*, 1963), ce qui selon M. SOEDIONO indique un âge miocène inférieur (comm. pers., dans GEEL, 1967). Le rétroécaillage est surtout spectaculaire dans les éléments malaguides. Bien que la possibilité de mouvements répétés n'ait pas été exclue, les structures dirigées vers le Sud, dans la Sierra de las Estancias et dans la région contigüe au Nord, ont été attribuées à une seule phase de mouvements post-nappes (EGELER & BODENHAUSEN, 1964). Il est tout indiqué de supposer que le rétrocharriage si important qui caractérise la partie Sud du Subbétique, au Nord du corridor de Vélez Rubio, représente cette même phase (= « phase subbétique » de MACGILLAVRY *et al.*, 1963).

Ainsi que nous l'avons déjà mentionné (p. 61), PAQUET (1967b, p. 553) distingue dans la Sierra de Espuña et dans la région au Nord de cette chaîne, après la mise en place des ensembles tectoniques, une phase tangentielle post-burdigalienne et anté-tortonienne, pendant laquelle le Subbétique est largement charrié vers le Nord et à la suite de laquelle les séries de l'ensemble malaguide ont été renversées vers le Nord. Selon lui ce charriage a immédiatement précédé un rétrochevauchement en sens inverse de déplacement.

En résumant, l'on peut affirmer que, dans la partie Sud-Est des Cordillères, après la mise en place des grands ensembles tectoniques de la Zone Bétique, de très importants mouvements tangentiels se sont produits au cours du Miocène moyen et que, notamment dans la partie plus septentrionale de notre région d'exploration, l'accent a porté alors sur le rétroécaillage et le rétrocharriage.

Jusqu'à présent, nous n'avons point trouvé d'indications révélant des mouvements tangentiels encore plus récents. L'on a bien constaté, par contre, des mouvements verticaux qui, en particulier dans le bassin de Vera, se manifestent par plusieurs discordances d'érosion dans la série du Néogène « plus jeune » (Mio-Pliocène) (VÖLK, 1967a, p. 136-137). VÖLK distingue deux phases de formation de failles verticales. La phase

la plus ancienne, d'âge miocène supérieure à pliocène inférieure à laquelle il attribue la naissance de failles marginales, correspond, à notre avis, à celle que PAQUET (1967*b*) a distingué sous le nom de « phase d'accidents verticaux très importants ». La phase plus jeune serait d'âge quaternaire.

Métamorphisme alpin

L'investigation pétrologique détaillée des unités de l'ensemble névado-filabride a été effectuée en grande partie par le professeur DE ROEVER et ses élèves. L'étude des séries de la partie Sud-Est de la Sierra de los Filabres a fourni entre autres d'importantes données touchant le caractère complexe du métamorphisme régional d'âge alpin (« métamorphisme plurifaciel »; voir pour la définition de cette notion DE ROEVER & NIJHUIS, 1963; NIJHUIS, 1964*b*). Notre intention n'est pas d'insister là-dessus dans le cadre de la présente publication mais, vu le rapport étroit reliant le métamorphisme et l'évolution orogénique, il faut toutefois résumer brièvement quelques-uns des plus importants résultats. Se basant sur des observations faites dans la région de Lubrín, l'on a distingué dans les séries de couverture des unités de l'ensemble névado-filabride l'ordre suivant de (sub)faciès métamorphiques (NIJHUIS, 1964*b*): (1) le faciès schiste à glaucophane, (2) le faciès schiste vert (subfaciès à quartz-albite-épidote-almandin), (3) le faciès schiste vert (probablement surtout le subfaciès à quartz-albite-muscovite-chlorite), et (4) le faciès amphibolite à almandin. Les deux premiers se seraient formés surtout dans des conditions cinématiques, les deux derniers sont de nature post-cinématique.

Dans la partie Nord de la Sierra de los Filabres, cette différenciation entre un métamorphisme cinématique et un métamorphisme post-cinématique a été faite également dans les séries des unités névado-filabrides, et aussi dans celles de la nappe de Ballabona de l'ensemble de Ballabona-Cucharón et de la nappe de Variegato de l'ensemble alpujarride (VOET, 1967; voir aussi BICKER, 1966). Il y a, comme nous l'avons déjà vu, de bonnes raisons de présumer que le métamorphisme cinématique et le métamorphisme post-cinématique ont été des processus essentiellement indépendants, c'est-à-dire survenus respectivement, l'un en rapport avec la « pile de nappes initiale » formée dans une phase précoce de l'évolution orogénique, et l'autre après la phase de charriage plus jeune qui a considérablement contribué à perturber cette pile. A cet égard, il y a lieu de signaler spécialement le métamorphisme statique des cargneules formées au cours de cette phase plus jeune de formation de nappes (voir LEINE & EGELER, 1962; VOET, 1967; LEINE, 1968). Des recherches de détail ayant pour but de dater les divers (sub)faciès par rapport aux plissements, progressent. VOET (1967) estime, comme nous l'avons déjà dit, que la recristallisation post-cinématique est plus ancienne que les mouvements post-nappes qui ont, dans la partie Nord de la Sierra de los Filabres, mené à des plis-failles couchés dirigés vers le Nord. Nous avons exposé

que ces déformations se seraient produites au cours du Miocène moyen (voir p. 77).

Pour le moment, le rapport est encore incertain entre le métamorphisme post-cinématique à caractère régional déjà cité tel qu'il se présente dans la Sierra de los Filabres, et le métamorphisme statique inégalement répandu tel qu'on l'a trouvé dans la série alpujarride de la Sierra de las Estancias, entre autres dans des roches permo-triasiques. Ici, le métamorphisme statique a été superposé à un métamorphisme épizonal à caractère surtout cinématique d'âge alpin. Comme minéraux typiques on trouve entre autres, la biotite, la cordiérite ¹⁾ et l'andalousite (DE VRIES & ZWAAN, 1967). Beaucoup des roches en question rappellent des cornéennes. Pour le moment, il n'y a encore rien de certain quant à l'âge de cette recristallisation statique, notamment quant à son rapport avec le rétro-caillage.

Amsterdam, mai 1968

¹⁾ La présence de cordiérite dans les roches dont il s'agit, présumée déjà par DE VRIES & ZWAAN (1967), a été vérifiée à l'aide d'une microsonde après la parution de leur publication (comm. pers. de M. MAASKANT).

APPENDICE

Commentaire au schéma tectonique de la Zone Bétique (Table II).

(1) A l'île de Tabarca, à 20 km environ au Sud d'Alicante abondent des cargneules et des metabasites (comm. pers. du professeur FONTBOTÉ). Pour cette raison nous avons provisoirement rangé cette île dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón.

(2) Vu les cartes publiées, nous avons provisoirement rangé la plus grande partie de la région entre Carthagène et Cabo de Palos dans l'ensemble alpujarride. On y trouve aussi, cependant, des séries qui manifestent des similitudes avec les séries comparables des unités intermédiaires de la Sierra de Espuña et de la zone de Lorca-Vélez Rubio (voir p. 61-62). En outre, il faut noter qu'il est probable qu'en cas d'investigation détaillée on découvre davantage d'éléments de l'ensemble névado-filabride et peut-être aussi des témoins de l'ensemble de Ballabona-Cucharón.

(3) L'extension des divers ensembles dans la région comprise entre Mazarrón et Carthagène est schématique. On ne peut exclure la possibilité que dans la Sierra de Algarrobo affleurent aussi des roches de l'ensemble de Ballabona-Cucharón.

(4) La présence de l'ensemble de Ballabona-Cucharón dans la Sierra de las Moreras est fondée sur des données bibliographiques (entre autres PATIÑ, 1937) et doit être considérée comme hypothétique.

(5) Il n'est pas exclu que, dans la Sierra de la Tercia, existent par endroits des roches de l'ensemble de Ballabona-Cucharón (voir p. 58).

(6) L'extension de l'ensemble de Ballabona-Cucharón au Sud de la Sierra de la Almenara est en partie schématique.

(7) La région entre Baza et Chirivel n'a pas encore été étudiée en détail. Les ensembles alpujarride et malaguide y sont donc distribués schématiquement.

(8) Vu les descriptions données par JANSEN (1936), il est probable que l'extension de l'ensemble de Ballabona-Cucharón soit beaucoup plus grande qu'indiquée sur la carte.

(9) Vu les cartes publiées, nous avons provisoirement rangé la Sierra de Gádor dans l'ensemble alpujarride. On y trouve aussi, cependant, des séries montrant certaines affinités avec des unités intermédiaires qui affleurent plus vers l'Est, et qui là ont été rangées dans l'ensemble malaguide (voir p. 49). En outre, il faut noter qu'il est probable que des parties de la Sierra de Gádor appartiennent à l'ensemble de Ballabona-Cucharón.

(10) Il est possible qu'en cas d'investigation détaillée le long des bordures Nord, Ouest et Sud de la Sierra Nevada, on découvre par endroits davantage d'éléments de l'ensemble de Ballabona-Cucharón.

(11) La distribution des ensembles alpujarride et malaguide dans la région de la Sierra de Tejada a été indiquée schématiquement. Il ne faut pas exclure la possibilité que dans les Sierras de Almirajara et de Tejada affleurent aussi des éléments des ensembles de Ballabona-Cucharón et/ou névado-filabride.

(12) Suivant l'interprétation de MOLLAT (1965), nous avons incorporé les péridotites et roches apparentées de la Zone Bétique occidentale dans l'« unité de Blanca » (voir p. 52). Cet élément structural a été provisoirement rangé par nous dans l'ensemble névado-filabride.

(13) L'« unité de Nieves » de DÜRR (1963) a été provisoirement incorporée dans l'ensemble de Ballabona-Cucharón. Aussi l'« unité de Yunquera » dans le sens de DÜRR (1963) figure sur le schéma tectonique de la Zone Bétique comme appartenant à l'ensemble de Ballabona-Cucharón. Il faut noter, cependant, qu'il est très probable que certaines parties de cette unité appartiennent à l'ensemble alpujarride.

(14) Nous avons indiqué séparément les « flyschs » dans les Cordillères Bétiques occidentales à la suite des études de quelques chercheurs français et allemands. Il faut noter, cependant, que ces séries représentent très probablement des dépôts post-nappes (voir entre autres, PAQUET, 1967b, p. 588-589).

BIBLIOGRAPHIE

- ALASTRUÉ, E., Estructura de las Cordilleras Subbéticas en su sector central. Estudios geológicos, **IV**, 243–281 (1948).
- ALDAYA, F., Sobre la estructura tectónica del extremo occidental de Sierra Arana y sectores adyacentes (Cordilleras Béticas, provincia de Granada). Acta Geol. Hispánica, **I**, (5), 5–8 (1966).
- ARGAND, E., La tectonique de l'Asie. XIII Congrès géol. int. Bruxelles, 171–372 (1922).
- AZÉMA, J., Etude géologique des abords de Málaga (Espagne). Estudios geológicos. **XVII**, 131–160 (1961).
- , Sur l'existence d'une zone intermédiaire entre Prébétique et Subbétique dans les provinces d'Alicante et de Murcie (Espagne). C.R. Ac. Sc., **260**, 4020–4023 (1965).
- , J. W. A. BODENHAUSEN, F. FERNEX et O. J. SIMON, Remarques sur la structure de la Sierra de Carrascoy (prov. de Murcie, Espagne). C.R. somm. S.G.F., 51–53 (1965).
- BANTING, A. H., Sur le Pli-nappe de Lujar-Gador (Cordillères Bétiques). Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., **XXXVI**, 98–106 (1933a).
- , Der Bau der Betischen Kordillere und ihre Stellung im Mediterranen Orogen. Geol. Rundschau, **XXIV**, 311–319 (1933b).
- BEMMELEN, R. W. VAN, Bijdrage tot de geologie der Betische Ketens in de provincie Granada. Thèse Delft, 176 p. (1927).
- BICKER, R. E., Geological investigations in the region west of Antas and Cuevas del Almanzora, south-eastern Spain. Thèse Amsterdam, 124 p. (1966).
- BLUMENTHAL, M., Versuch einer tektonischen Gliederung der betischen Cordilleren von Central- und Südwest-Andalusien. Ecl. geol. Helv., **XX**, 487–532 (1927).
- , L'existence du Bétique de Málaga dans la région de Grenade. C.R. Ac. Sc., **187**, 1059–1062 (1928).
- , Beiträge zur Geologie der betischen Cordilleren beiderseits des Rio Guadalhorce. Ecl. geol. Helv., **XXIII**, 41–293 (1930).
- , Das Paläozoikum von Malaga als tektonische Leitzone im alpidischen Andalusien. Geol. Rundschau, **XXIV**, 170–187 (1933a).
- , Geologie der Berge um Ronda (Andalusien). Ecl. geol. Helv. **XXVI**, 43–92 (1933b).
- , Sur les relations tectoniques entre les zones bétique, pénibétique et subbétique du Sud-Ouest de l'Andalousie. C.R. Ac. Sc., **197**, 1138–1139 (1933c).
- , Reliefüberschiebungen in den westlichen Betischen Cordilleren. Géol. Méd. occid., **IV**, no. 8, partie II, 3–28 (1935).
- , Estudio geológico de las cadenas costeras al oeste de Málaga, entre el Río Guadalhorce y el Río Verde. Bol. Inst. geol. y min. España, **LXII**, 11–203 (1949).
- , Eine Uebersicht über die tektonischen Fenster der Betischen Cordilleren. Libro Jubilar, 1849–1949, Inst. geol. y min. España, **I**, 237–313 (1950).
- , et P. FALLOT, Observations géologiques sur la Sierra Arana entre Grenade et Guadix. Mem. Soc. esp. Hist. nat., **XVII**, 5–74 (1935).
- BODENHAUSEN, J. W. A. et O. J. SIMON, On the tectonics of the Sierra de Carrascoy (province of Murcia). Geol. en Mijnb., **44**, 251–253 (1965).

- , J. M. FONTBOTÉ et O. J. SIMON, Sur la présence d'éléments du Bétique de Málaga au Sud de la Sierra Nevada, près de Cherín (Espagne méridionale). *Geol. en Mijnb.*, **46**, 397-399 (1967).
- BOLLI, H. M., Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic Foraminifera. *Mitt. Geol. Inst. Techn. Hochsch. u. Univ. Zürich*, **55**, 1-26 (1966).
- BOOGAARD, M. VAN DEN, Two conodont faunas from the Paleozoic of the Betic of Malaga near Vélez Rubio, S.E. Spain. *Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., Series B*, **68**, 33-37 (1965).
- , Post-Carboniferous conodonts from south-eastern Spain. *Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., Series B*, **69** 1-8 (1966).
- BOOY, T. DE et C. G. EGELER, The occurrence of Betic of Málaga in the Sierras de Almagro, Cabrera and Alhamilla (SE Spain). *Geol. en Mijnb.*, **40**, 209-218 (1961).
- BOULIN, J., Sur la série métamorphique de Velez-Málaga (province de Málaga, Espagne). *Bull. Soc. géol. France*, (7), **IV**, 165-169 (1962a).
- , Sur les Alpujarrides occidentales et leurs rapports avec la nappe de Málaga (Andalousie méridionale). *Bull. Soc. géol. France*, (7), **IV**, 384-389 (1962b).
- , Tectonique et métamorphisme dans les Alpujarrides occidentales (Andalousie du Sud). *C.R. somm. S.G.F.*, 99-101 (1963).
- , L'unité d'Almuñecar, dans le domaine alpujarride au Sud-Ouest de la Sierra Nevada (Espagne). *C.R. somm. S.G.F.*, 26-28 (1964a).
- , Problèmes structuraux dans le domaine alpujarride au Sud-Ouest de la Sierra Nevada. *Geol. en Mijnb.*, **43**, 227-281 (1964b).
- , Séries inverses et style pennique, dans les Cordillères bétiques internes au Sud-Ouest de la Sierra Nevada (Espagne). *C.R. Ac. Sc.*, **263**, 708-711 (1966a).
- , Troncatures et cisaillements, dans les Cordillères bétiques internes, au Sud-Ouest de la Sierra Nevada. *C.R. Ac. Sc.*, **263**, 1932-1935 (1966b).
- , P. DIMPAULT-DARCY et H. LEROY, Observations géologiques en Sierra de Lújar (Cordillères bétiques internes, Espagne). *C.R. somm. S.G.F.*, 252 (1966a).
- , Observations géologiques en Sierra de Lújar (Cordillères bétiques internes, Espagne). *Bull. Soc. géol. France*, (7), **VIII**, 585-591 (1966b).
- BROUWER, H. A., Zur Geologie der Sierra Nevada. *Geol. Rundschau*, **XVII**, 118-137 (1926a).
- , Overthrust structure in the Eastern Betic Cordillera. XIV Congrès géol. int. Madrid, 1885-1888 (1926b).
- , The structure of the Sierra Nevada. *Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.*, **XXIX**, 678-682 (1926c).
- , Zur Tektonik der betischen Kordilleren. *Geol. Rundschau*, **XVII**, 332-336 (1926d).
- , Ueber die Struktur der penninischen Zone in den betischen Kordilleren. *Geol. Rundschau*, **XXV**, 383-387 (1934).
- et C. P. A. ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN, De tectoniek van het centrale gedeelte van de Sierra de los Filabres (Zuid-Spanje). *Versl. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.*, **XXXIII**, 873-882 (1924).
- et H. JANSEN, Structure of the Sierra de Baza and adjacent regions in southern Spain. *Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.*, **XXXVI**, 788-790 (1933).
- BUSNARDO, R., Hypothèses concernant la position des unités structurales et paléogéographiques de la transversale Jaén-Grenade (Andalousie). *Geol. en Mijnb.*, **43**, 264-267 (1964).

- CARANDELL, J., La morfología de la Sierra Nevada; ensayo de su interpretación tectónica. Rev. Real Ac. Cienc. Ex. Físic Nat., XIX (1920). Aussi dans: Imprenta clásica española, Madrid, 43-76 (1921).
- COPPONEX, J. P., Observations géologiques sur les Alpujarrides occidentales (Cordillères bétiques, Espagne). Thèse Genève, 130 p. (1958). Aussi dans: Bol. Inst. geol. y min. España, LXX, 79-208 (1959).
- DEMAY, M., Observations géologiques, métallogéniques et économiques sur le district minier de Carthagène. Annales d. Mines, (12), V, 137-193 (1924).
- DOUVILLÉ, R., Esquisse géologique des Préalpes subbétiques (partie centrale). Thèse Paris, 222 p. (1906).
- , La Péninsule Ibérique. A. Espagne. Handbuch d. reg. Geol., III, Abt. 3, 1-175 (1911).
- DURAND DELGA, M., Au sujet du sillon méso-méditerranéen du Flysch au Crétacé et au Nummulitique. C.R. somm. S.G.F. 45-47 (1961).
- , Essai sur la structure des domaines émergés autour de la Méditerranée occidentale. Geol. Rundschau, LIII, 534-535 (1963).
- , Titres et travaux scientifiques. Impr. Priester Paris, 43 p. (1966).
- , Coup d'œil sur les unités malaguides des Cordillères bétiques (Espagne), C.R. Ac. Sc., 266, 190-193 (1968).
- , P. ESCALIER DES ORRES et F. FERNEX, Sur la présence de Jurassique et d'Oligocène à l'Ouest de Carthagène (Espagne méridionale). C.R. Ac. Sc., 255, 1755-1757 (1962).
- et J. M. FONTBOTÉ, Le problème de l'âge des nappes alpujarrides d'Andalousie. Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn., (2), III, fasc. 4, 181-187 (1960).
- et J. MAGNÉ, Notes sur certaines formations tertiaires situées entre Almería et la Sierra de Carthagène (Espagne méridionale). Notas y Comns. Inst. geol. y min. España, 51, 129-143 (1958).
- DÜRR, St. H., Geologie der Serrania de Ronda und ihrer südwestlichen Ausläufer (Andalusien). Thèse Bonn, 122 p. (1963). Aussi dans: Estratto da Geologica Romana, VI, 1-73 (1967).
- , R. HOEPFENER, P. HOPPE et F. KOCKEL, Géologie des montagnes entre le Río Guadalhorce et le Campo de Gibraltar (Espagne méridionale). Livre mém. Prof. P. Fallot, I, 209-217 (1960-1962).
- EGELER, C. G., On the tectonics of the eastern Betic Cordilleras, Geol. Rundschau, LIII, 260-269 (1963).
- et J. W. A. BODENHAUSEN, Distinct phases of Alpine overthrusting and subsequent thrusting in the eastern part of the Betic zone of Spain. Geol. en Mijnb., 43, 316-320, (1964).
- et T. DE BOOY, Signification tectonique de la présence d'éléments du Bétique de Malaga dans la Sud-Est des Cordillères bétiques, avec quelques remarques sur les rapports entre Bétique de Malaga et Subbétique. Livre mém. Prof. P. Fallot, I, 155-162 (1960-1962).
- ELLENBERGER, F., Etude géologique du Pays de Vanoise. Mém. Carte géol. France, 562 p. (1958).
- FALLOT, P., Sur la géologie de la région d'Antequera. C.R. Ac. Sc., 185, 1499-1501 (1927).
- , Esquisse géologique du massif de la Sierra Espuña (prov. de Murcie). Bol. Real Soc. esp. Hist. nat., XXIX, 199-215 (1929).
- , Etat de nos connaissances sur la structure des chaînes bétique et subbétique. Livre jubilaire Soc. géol. France, 279-305 (1930).
- , Essai de définition des traits permanents de la paléogéographie secondaire dans la Méditerranée occidentale. Bull. Soc. géol. France, (5), I, 533-552 (1932).
- , Estudios geológicos en la zona subbética entre Alicante y el Río Guadiana Menor. Inst. Inv. geol. Lucas Mallada (C.S.I.C.) Madrid, 719 p. (1945).

- , Les Cordillères Bétiques. Estudios geológicos, **IV**, 83–172 (1948).
- , Comparaison entre Cordillères Bétiques et Alpes Orientales. Bol. Real Soc. esp. Hist. nat., Tomo extraordinario 80 aniv. Prof. Hernández Pacheco, 259–279 (1954).
- , A. FAURE-MURET, J. M. FONTBOTÉ et L. SOLÉ SABARIS, Estudios sobre las series de Sierra Nevada y de la llamada Mischungszone. Bol. Inst. geol. y min. España, **LXXI**, 347–557 (1960).
- FERNEX, F., Remarques sur la tectonique du Bétique de Málaga oriental de Lorca-Vélez Rubio (Espagne méridionale). Arch. Sc. Genève, **15**, fasc. 2, 333–361 (1962a).
- , Les unités de la Sierra de Enmedio près de Puerto Lumbreras (Espagne méridionale). Arch. Sc. Genève, **15**, fasc. 2, 363–373 (1962b).
- , Remarques sur la structure et le métamorphisme de la Mischungszone orientale (Espagne méridionale). Arch. Sc. Genève, **16**, fasc. 1, 63–85 (1963a).
- , Les ensembles tectoniques bétiques de la région de Lorca (Espagne méridionale). Bull. Soc. géol. France, (7), **V**, 370–374 (1963b).
- , Sur le jeu de la tectonique postérieure aux nappes dans l'Est des zones bétiques (Espagne méridionale). Arch. Sc. Genève, **17**, fasc. 1, 39–46 (1964a).
- , Essai de corrélation des unités bétiques sur la transversale de Lorca-Agülas. Geol. en Mijnb., **43**, 326–330 (1964b).
- , Remarques sur les roches éruptives basiques du Bétique oriental de la Sierra de las Estancias (Espagne méridionale) C.R. Ac. Sc., **258**, 5482–5485 (1964c).
- , L'origine probable de certains éléments structuraux des zones internes des Cordillères bétiques orientales (Espagne méridionale). Bull. Soc. géol. France (7), **VII**, 511–520 (1965).
- , F. LORENZ et J. MAGNÉ, A propos de l'âge de la mise en place des nappes bétiques (Espagne méridionale) C.R. Ac. Sc., **260**, 933–936 (1965).
- FONTBOTÉ, J. M., Tectoniques superposées dans la Sierra Nevada (Cordillères bétiques, Espagne). C.R. Ac. Sc., **245**, 1324–1326 (1957).
- et V. GARCIA-DUEÑAS, Essai de systématisation des unités subbétiques allochtones dans le tiers central des Chaînes bétiques C.R. Ac. Sc., **266**, 186–189 (1968).
- FOUCAULT, A., Sur les rapports entre les zones prébétiques et subbétiques entre Cazorla (prov. de Jaén) et Huéscar (prov. de Grenade, Espagne). Geol. en Mijnb., **43**, 268–272 (1964).
- , Les rapports entre le Subbétique et le Prébétique dans la partie centrale de la province de Jaén (Espagne méridionale). C.R. Ac. Sc., **260**, 4354–4357 (1965).
- GEEL, T., The relations between the Betic of Málaga and some post-eocene formations in the area near La Fuensanta-La Parroquia (Prov. de Murcia, SE Spain). Geol. en Mijnb., **46**, 400–405 (1967).
- GENTIL, L., Sur l'existence de grandes nappes de recouvrement dans la province de Cadix (Espagne méridionale). C.R. Ac. Sc., **166**, 1003–1005 (1918a).
- , Sur l'extension, en Andalousie, des nappes de recouvrement de la province de Cadix (Espagne méridionale). C.R. Ac. Sc., **167**, 83–85 (1918b).
- , Sur l'origine des nappes de recouvrement de l'Andalousie, C.R. Ac. Sc., **167**, 238–240 (1918c).
- GONZÁLEZ DONOSO, J. M. et J. A. VERA, Estudio geológico de una parte de las laderas norteoccidentales de Sierra Nevada (Granada). Notas y Comns. Inst. geol. y min. España, **78**, 93–124 (1965).
- GONZALO Y TARIN, J., Edad geológica de las calizas metalíferas de la Sierra de Gador, en la provincia de Almería. Bol. Com. Mapa geol. España, **IX**, 97–111 (1882).

- GUARDIOLA, R., Estudio metalogénico de la Sierra de Cartagena. Mem. Inst. geol. y min. España, 33, 564 p. (1927).
- HELMERS, H. et H. W. VOET, Regional extension of the Nevado-Filabride nappes in the eastern and central Sierra de los Filabres (Betic Cordilleras, SE Spain). Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., Series B, 70, 239-253 (1967).
- HETZEL, W. H., Bijdrage tot de geologie van de Sierra Alhamilla (Provincia Almería). Thèse Delft, 104 p. (1923).
- HIRSCH, F., Contribución al conocimiento de las *Myophorias* del Triásico de la Sierra Alhamilla. Estudios geológicos, XXII, 181-184 (1966).
- HOEPPENER, R., P. HOPPE, H. MOLLAT, S. MUCHOW, St. DÜRR et F. KOCKEL, Ueber den westlichen Abschnitt der Betischen Kordillere und seine Beziehungen zum Gesamtrogen. Geol. Rundschau, LIII, 269-296 (1963).
- , P. HOPPE, St. DÜRR et H. MOLLAT, Ein Querschnitt durch die Betischen Kordilleren bei Ronda (SW Spanien). Geol. en Mijnb., 43, 282-298 (1964).
- JACQUIN, J. P., Présence et situation de microfaune dans le Trias alpujarride de la Sierra de Gador (province d'Almería, Espagne). C.R. somm. S.G.F., 265-266 (1965).
- JANSEN, H., De geologie van de Sierra de Baza en van de aangrenzende gebieden der Sierra Nevada en Sierra de los Filabres (Zuid-Spanje). Thèse Amsterdam, 99 p. (1936).
- KOCKEL, F., Conodonten aus dem Paläozoikum von Málaga. N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 255-262 (1958).
- , Die Geologie des Gebietes zwischen dem Rio Guadalhorce und dem Plateau von Ronda (Südspanien). Geol. Jb., 81, 413-480 (1963).
- et D. STOPPEL, Nuevos Hallazgos de conodontos y algunos cortes en el Paleozoico de Málaga (sur de España). Notas y Comns. Inst. geol. y min. España, 68, 133-169 (1962).
- LEINE, L., On the so-called « konglomeratische Mergel » in the Sierra de los Filabres (SE Spain). Geol. en Mijnb., 41, 135 (1962).
- , On the tectonics of the Menas de Serón region, western Sierra de los Filabres, SE Spain. Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., Series B, 69, 403-414 (1966).
- , Rauhwackes in the Betic Cordilleras (Spain). Thèse Amsterdam, 112 p. (1968).
- et C. G. EGELER, Preliminary note on the origin of the so-called « konglomeratische Mergel » and associated « Rauhwackes », in the region of Menas de Serón, Sierra de los Filabres (SE Spain). Geol. en Mijnb., 41, 305-314 (1962).
- LLOPIS LLADO, N., Observaciones geológicas y morfológicas en el N. de Almería. Arch. Inst. Aclim., IV, 7-55 (1955).
- LÓPEZ DE AZCONA, J. M., Bibliografía de minería, metalurgia, geología y ciencias afines, 1778-1961. Inst. geol. y min. España, Madrid, 559 p. (1962).
- MACGILLAVRY, H. J., Speculations based upon a comparison of the stratigraphies of the different tectonic units between Vélez Rubio and Moratalla. Geol. en Mijnb., 43, 299-309 (1964).
- , Th. B. ROEP, et T. GEEL, Notes on the Betic of Málaga near Vélez Rubio (SE Spain). Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., LXIII, 623-626 (1960).
- , et T. GEEL, Note préliminaire sur la série géologique des environs de Vélez Rubio (Sud de l'Espagne). Livre mém. Prof. P. Fallot, I, 169-174 (1960-1962).
- , T. GEEL, Th. B. ROEP et H. SOEDIONO, Further notes on the geology of the Betic of Málaga, the Subbetic, and the zone between these two units, in the region of Vélez Rubio (southern Spain). Geol. Rundschau, LXIII, 233-256, (1963).

- MICHELAU, P., Das Paläozoikum der betischen Ketten NW von Málaga. Thèse Berlin, 44 p. (1942).
- MISSION D'ANDALOUSIE, Etudes relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. *Mém. Ac. Sc. Inst. Nat. France*, XXX, no. 2, 772 p. (1889).
- MOLLAT, H., Die Geologie der Sierra Blanca und ihrer Umgebung. Thèse Bonn, 75 p. (1965).
- NAVARRO, A. et E. TRIGUEROS, La Geología murciana. *Notas y Comns. Inst. geol. y min. España*, 70, 201-204 (1963a).
- , Estudio geológico del borde oriental de la Sierra Espuña (Murcia). *Notas y Comns. Inst. geol. y min. España*, 70, 205-210 (1963b).
- , Problemas de las Béticas españolas. *Bol. Inst. geol. y min. España*, LXXIV, 413-469 (1963c).
- NICKLÈS, R., Recherches géologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de la province d'Alicante et du Sud de la province de Valence (Espagne). Thèse Paris, 219 p. (1891).
- , Sur l'existence de phénomènes de recouvrement dans la zone subbétique. *C.R. Ac. Sc.*, 134, 493-495 (1902).
- , Sur l'existence de phénomènes de charriage en Espagne dans la zone subbétique. *Bull. Soc. géol. France*, (4) IV, 223-247 (1904).
- NIJHUIS, H. J., On the stratigraphy of the Nevado-Filabride units as exposed in the eastern Sierra de los Filabres (SE Spain). *Geol. en Mijnb.*, 43, 321-325 (1964a).
- , Plurifacial alpine metamorphism in the south-eastern Sierra de los Filabres south of Lubrín, SE Spain, Thèse Amsterdam, 151 p. (1964b).
- ORUETA, D. DE, Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda. *Mem. Inst. geol. y min. España*, 28, 1-571 (1917).
- , Estudio petrográfico de Sierra Almirajara y de la parte occidental de Sierra Nevada y las Alpujarras. *Bol. Inst. geol. y min. España*, XLIII, 1-155 (1922).
- PAQUET, J., Contribution à l'étude géologique de la Sierra Espuña (province de Murcie, Espagne). *Ann. Soc. géol. Nord*, LXXXII, 9-17 (1962a).
- , Les différentes unités de la Sierra de l'Espuña (prov. de Murcie, Espagne). *C.R. Ac. Sc.*, 255, 2995-2997 (1962b).
- , Note préliminaire sur le Prébétique et le Subbétique au N de la Sierra Espuña (prov. de Murcie, Espagne). *Ann. Soc. géol. Nord*, LXXXII, 235-240 (1962c).
- , Les unités supérieures de la Sierra Espuña (province de Murcie, Espagne). *Bull. Soc. géol. France*, (7), IV, 857-866 (1962d).
- , Age de mise en place des unités supérieures du Bétique de Malaga et de la partie méridionale du Subbétique (transversale de la Sierra de Espuña, province de Murcie, Espagne). *Bull. Soc. géol. France*, (7), VIII, 946-955 (1967a).
- , Etude géologique de l'Ouest de la province de Murcie (Espagne). Thèse Lille, 593 p. (1967b).
- PATIJN, R. J. H., Geologische onderzoekingen in de oostelijke Betische Cordilleren. Thèse Amsterdam, 130 p. (1937).
- PAVILLON, M. J., Sur un passage latéral de Trias de « couverture » au Trias métamorphique dans la région à l'Ouest de Carthagène (Cordillères bétiques, Espagne). *C.R. somm. S.G.F.*, 328-332 (1963).
- , Sur une discordance stratigraphique au sein des terrains métamorphiques dans la région à l'Est de Carthagène (Cordillères bétiques, Espagne). *C.R. somm. S.G.F.*, 114-116 (1965).

- , Mise en évidence d'une relation spatio-temporelle entre un bombement post-tectonique majeure et une richesse particulièrement grande en dolérites intrusives dans la région à l'Est de Carthagène (Cordillères Bétiques, Espagne). *Notas y Comns. Inst. geol. y min. España*, **89**, 75-78 (1966).
- PERCONIG, E., Sur la constitution géologique de l'Andalousie occidentale, en particulier du bassin du Guadalquivir (Espagne méridionale). Livre mém. Prof. P. Fallot, **I**, 229-256, (1960-1962).
- PEYRE, Y., Etat actuel de nos connaissances sur la structure des Cordillères bétiques sur la transversale de Malaga. Faits nouveaux, problèmes et hypothèses. Livre mém. Prof. P. Fallot, **I**, 199-208 (1960-1962).
- PRIEM, H. N. A., N. A. I. M. BOELRIJK, E. H. HEBEDA et R. H. VERSCHURE, Isotopic age determinations on tourmaline granite-gneisses and a metagranite in the eastern Betic Cordilleras (south-eastern Sierra de los Filabres). SE Spain, *Geol. en Mijnb.*, **45**, 184-187 (1966).
- PUGA, E., Nuevos datos sobre las anfibolitas del borde NW. de Sierra Nevada. *Notas y Comns. Inst. geol. y min. España*, **80**, 137-156 (1965).
- et J. M. FONTBOTÉ, Sur l'origine des gneiss de la Sierra Nevada (Grenade, Espagne). *C.R. Ac. Sc.*, **262**, 2681-2684 (1966a).
- et J. M. FONTBOTÉ, Albite filonienne et albitisation dans les formations métamorphiques de la Sierra Nevada (Cordillères Bétiques). *C.R. Ac. Sc.*, **263**, 13-15 (1966b).
- RIOS, J. M., Materiales salinos del suelo español. *Mem. Inst. geol. y min. España*, **64**, 161 p. (1963).
- ROBERTS, D. G. et A. H. STRIDE, Late Tertiary Slumping on the Continental Slope of Southern Portugal. *Nature*, **217**, 48-50 (1968).
- ROEP, TH. B. et H. J. MACGILLAVRY, Preliminary note on the presence of distinct tectonic units in the Betic of Málaga of the Vélez Rubio region. *Geol. en Mijnb.*, **41**, 423-429 (1962).
- ROEVER, W. P. DE, Overdruk van tektonische oorsprong of diepe metamorfose? *Versl. gew. verg. Afd. Natuurk. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.*, **76**, 4, 69-74 (1967).
- , C. G. EGELER et H. J. NIJHUIS, Nota preliminar sobre la geología de la llamada zona mixta tal como se desarrolla en el extremo Este de la Sierra de los Filabres (SE de España). *Notas y Comns. Inst. geol. y min. España*, **63**, 223-232 (1961).
- et H. J. NIJHUIS, Plurifacial alpine metamorphism in the eastern Betic Cordilleras (SE Spain), with special reference to the genesis of glaucophane, a preliminary note. *Geol. Rundschau*, **LIII**, 324-336 (1963).
- RONDEEL, H. E., Geological investigations in the western Sierra Cabrera and adjoining areas, south-eastern Spain. Thèse Amsterdam, 161 p. (1965).
- SERMET, J., Le relief de la Sierra Contraviesa (Alpujarras) et l'absence de nappes de charriage. *Bol. Soc. esp. Hist. nat.*, **XXXIV**, 237-248 (1934).
- SIMON, O. J., Geological investigations in the Sierra de Almagro, south-eastern Spain. Thèse Amsterdam, 164 p. (1963).
- , The Almagro unit: a new structural element in the Betic Zone? *Geol. en Mijnb.*, **43**, 331-334 (1964).
- , Note préliminaire sur l'âge des roches de l'« unité Cucharón » dans la Sierra de Carrascoy (province de Murcie, Espagne). *Geol. en Mijnb.*, **45**, 112-113 (1966a).
- , The age of the conodont-bearing carbonate rocks from the Sierras de Carrascoy, de Almagro and Alhamilla and from the Zarcilla de Ramos region (SE Spain). *Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.*, Series B, **69**, 9-19 (1966b).

- , Note préliminaire sur la géologie des Sierras de Carrascoy, de Orihuela et de Callosa de Segura (provinces de Murcie et d'Alicante, Espagne). C.R. somm. S.G.F., 42-44 (1967).
- STAUB, R., Der Bau der Alpen (Versuch einer Synthese). Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. N.F., 52, 271-332 (1924).
- , Gedanken zur Tektonik Spaniens. Vierteljahrschr. d. Naturf. Ges. Zürich, LXXI, 196-261 (1926).
- , Der Deckenbau Südspaniens in den Betischen Cordilleren. Vierteljahrschr. d. Naturf. Ges. Zürich, LXXIX, 271-332 (1934).
- STILLE, H., Ueber westmediterrane Gebirgszusammenhänge (Beiträge zur Geologie der westlichen Mediterrangebiete.) Abh. Ges. Göttingen, Math. Phys. Klas. N.F., XII, Hft. 3, 1-62 (1927).
- , Geologische Untersuchungen im westlichen Mediterrangebiet. Geol. Rundschau, XXVIII, 101-105 (1937).
- TERMIER, P., Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes. Bull. Soc. géol. France, (4), III, 711-765 (1903).
- , Les Problèmes de la Géologie tectonique dans la Méditerranée occidentale. Rev. gén. d. Sc., no. du 30 mars, 1-33 (1911).
- TRIGUEROS, E. et A. NAVARRO, Estudio geológico de los términos de Aledo y Totana (parte Norte) (prov. Murcia). Notas y Comns. Inst. geol. y min. España, 61, 3-20 (1961).
- , Le Trias des Sierras de Espuña et de Chichar (ou de la Tercia) (province de Murcie, Espagne). Livre mém. Prof. P. Fallot, I, 163-168 (1960-1962).
- VOET, H. W., Geological investigations in the northern Sierra de los Filabres around Macael and Córdar, south-eastern Spain. Thèse Amsterdam, 122 p. (1967).
- VÖLK, H. R., Zur Geologie und Stratigraphie des Neogenbeckens von Vera, Südost-Spanien. Thèse Amsterdam, 160 p. (1967a).
- , Relation between Neogene sedimentation and late orogenic movements in the eastern Betic Cordilleras (SE-Spain). Geol. en Mijnb., 46, 471-474 (1967b).
- , et H. E. RONDEEL, Zur Gliederung des Jungtertiärs im Becken von Vera, Südost-Spanien. Geol. en Mijnb., 43, 310-315 (1964).
- VRIES, W. C. P. DE et K. B. ZWAAN, Alpujarride succession in the central part of the Sierra de las Estancias, province of Almería, SE Spain. Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., Series B, 70, 443-453 (1967).
- WEPPE, M. et J. P. JACQUIN, Etude préliminaire du gisement plombifère de Coto-Laisquez, Sierra Alhamilla-Almería. Bull. Soc. Hist. nat. Doubs, 68, fasc. 4, 105-120 (1966).
- WESTERVELD, J., De bouw der Alpujarras en het tektonisch verband der oostelijke betische ketens. Thèse Delft, 120 p. (1929).
- ZECK, H. P., Anatectic origin and further petrogenesis of an almandine-bearing biotite-cordierite-labradorite-dacite with many inclusions of restite and basaltoid material, Cerro del Hoyazo, SE Spain (with data on the adjoining part of the Sierra Alhamilla). Thèse Amsterdam, 161 p. (1968).
- ZERMATTEN, H. L. J., Geologische onderzoekingen in de randzone van het venster der Sierra Nevada (Spanje). Thèse Delft, 104 p. (1929).
- ZEYLMANS VAN EMMICHOVEN, C. P. A., Geologische onderzoekingen in de Sierra de los Filabres (Provincia Almería, Spanje). Thèse Delft, 160 p. (1925).

Après l'achèvement du manuscrit nous avons reçu les publications suivantes d'intérêt spéciale pour l'étude de la Zone Bétique:

- BOULIN, J., Etudes géologiques dans les zones internes des Cordillères bétiques de Málaga à Motril (Espagne méridionale). Thèse Paris, 487 p. (1968).

- DURAND DELGA, M. et A. FOUCAULT, La Dorsale bétique, nouvel élément paléogéographique et structural des Cordillères bétiques, au bord sud de la Sierra Arana (prov. de Grenade, Espagne). Bull. Soc. géol. France, (7), IX, 723-728 (1967a).
- , Un élément de la Dorsale bétique: le Jabalcon (prov. de Grenade, Espagne). Bull. Soc. géol. France, (7), X, 65-74 (1967b).
- FERNEX, F., Tectonique et Paléogéographie du Bétique et du Pénibétique orientaux. Transversale de La Paca-Lorca-Aguilas (Cordillères Bétiques, Espagne méridionale). Thèse Paris, 983 p. (1968).
- HERMES, J. J. et B. KUHR, Remarks on the age of the emplacement of the Betic of Málaga in the Sierra Espuña, Spain. Geol. en Mijnb., 48, 72-74 (1969).
- JACQUIN, J. P., Répartition géographique et lithostratigraphique des minéralisations de la Sierra de Gador (Almería, Espagne). Chronique d. Mines et d.l. Recherche Minière, Paris, 376, 230-243 (1968a).
- , Données nouvelles sur la géologie de la Sierra de Gador. Bull. Féd. Soc. Hist. Nat. Franche-Comté, LXX, sér. 4, 1-6 (1968b).
- PEYRE, Y., Présentation de deux coupes tectoniques d'ensemble dans les Cordillères bétiques au Nord de Malaga (Andalousie). C. R. somm. 39-40 (1969a).
- , Essai sur la paléogéographie des Cordillères bétiques au Crétacé inférieur: la transversale de Malaga. C. R. somm. S. G. F., 45-49 (1969b).
- PUGA, E., J. M. FONTBOTÉ et J. L. MARTIN-VIVALDI, Caracterización petrológica del Tramo de la Caldera en la serie de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas). Bol. geol. y min. España, LXXIX, 388-406 (1968).