

**MÉMOIRES
DU
B. R. G. M.**

SAUMONNET-VEILLET
ÉCOLE des MINES
Laboratoire des Sciences
de la Terre
Parc de Saurupt - NANCY

1033

**Le
métamorphisme
hercynien mésozonal
et les gneiss œillés
du massif du Canigou
(Pyrénées orientales)**

par Gérard GUITARD

N° 63

ÉDITIONS B. R. G. M.
74, rue de la Fédération, Paris-XV^e

à Jacqueline...

Avant-propos

Ce mémoire a fourni la substance d'une thèse de doctorat soutenue à Paris, le 2 décembre 1965. Je remercie les membres du Jury, MM. les Professeurs Ellenberger, Jung, Pruvost, Raguin et Wyart de l'intérêt qu'ils m'ont témoigné au cours de ces longues recherches, et de la confiance qu'ils m'ont accordée au moment d'en exposer les résultats.

L'enchaînement des circonstances a voulu que je vienne tard à la géologie, et par un chemin détourné. Il m'aurait donc été d'autant plus difficile de mener à bien ce travail, sans les conseils et les encouragements de ceux auxquels j'ai l'occasion ici d'exprimer ma gratitude.

Le hasard d'une rencontre avec M. Orcel, dans mes Pyrénées natales, fut suivi de cette lettre aimable qui m'introduisit auprès de M. Raguin dont je reçus d'emblée le soutien précieux et fidèle. C'est à ce Maître, formé à la géologie alpine, que je dois mon initiation aux difficiles problèmes posés par les terrains cristallophylliens des Pyrénées. Sous sa conduite, j'ai d'abord appris à reconnaître, dans la nature, les gneiss et les migmatites que m'avait rendus familiers la lecture de la Géologie du granite, puis à en comprendre la signification et la genèse. Qu'il me soit permis de lui rendre ici un hommage tout particulier.

M. Ellenberger m'a aussi apporté sa solidarité de géologue montagnard. Il m'a plus d'une fois encouragé par son enthousiasme pour la géologie structurale des vieilles chaînes hercyniennes. Son idée, héritée d'Eskola, de l'influence déterminante des vieux socles sur la pétrogenèse des terrains métamorphiques, a contribué à orienter dans un sens nouveau mes propres recherches sur les vieux terrains des Pyrénées.

Ce travail a été entièrement réalisé au Bureau de Recherches Géologiques et Minières où j'ai passé de nombreuses années. J'ai eu la chance d'y rencontrer M. Pierre Laffitte qui m'a aidé à découvrir et à comprendre la pétrologie moderne, devenue indispensable au géologue attiré par l'étude des terrains métamorphiques. Grâce à lui, j'ai pu entreprendre un travail de thèse parallèlement à mes activités d'ingénieur-géologue.

MM. Autran et Fontelles, collègues et camarades, ont été étroitement associés à mes recherches, tant sur le terrain qu'au laboratoire. Je dois beaucoup à leurs discussions, leurs suggestions, leur aide et leur enthousiasme pour tout ce qui touche à la Pétrologie et à la géologie structurale.

Il m'a été indispensable d'utiliser diverses techniques pétrographiques. Je remercie MM. Kraut et Sabatier, ainsi que M. l'Abbé Bordet, de l'aide efficace et désintéressée qu'ils m'ont cordialement apportée, sans oublier ici d'évoquer la mémoire de M^{me} Jérémine, qui m'enseigna avec beaucoup de sollicitude, la pratique du microscope.

Le Service de la Carte Géologique a beaucoup facilité mes levés sur le terrain, échelonnés sur près de dix années. Je suis, en outre, très obligé envers M. Goguel qui a accepté de publier cet ouvrage dans les Mémoires du Service.

C'est toujours avec un grand profit que j'ai parcouru le Canigou en compagnie de géologues désireux de connaître les Pyrénées-Orientales, en particulier en 1958, lors de la réunion extraordinaire de la Société Géologique de France, et en 1963, lors de la session de l'AZOPRO dans les Pyrénées. A ce titre, je tiens à remercier spécialement MM. R. Beramjee, Ch. Exner, E.V. Pavlovski, et H. J. Zwart.

Il me reste à remercier tous ceux dont le travail et la bonne volonté ont permis, au B.R.G.M., la réalisation de cet ouvrage, en particulier MM. Montagne, Grillo et leurs collaborateurs, qui ont effectué de nombreuses analyses chimiques, M. Derec, qui a programmé les calculs pétrographiques sur ordinateur, M. Bahezre, qui a analysé plusieurs minéraux au microanalyseur, ainsi que M^{me} Dejardin qui a préparé le manuscrit en vue de l'impression.

Introduction

La chaîne pyrénéenne est inégalement érodée; c'est dans sa partie orientale qu'affleurent largement les terrains métamorphiques de la chaîne hercynienne, en particulier *les massifs de gneiss* les plus importants, dont l'âge et la genèse n'ont pas cessé d'intriguer les géologues et les pétrographes qui, depuis les premiers travaux modernes de E. Raguin (1933-1938), s'efforcent d'en comprendre la signification. C'est aussi plus spécialement dans les Pyrénées « méditerranéennes » que les conditions d'observations sont les meilleures, car cette région bénéficie de l'avantage d'un relief accusé et d'une végétation assez clairsemée. Le travail cartographique peut y être poursuivi avec une bonne précision.

Un aperçu synthétique de la géologie des terrains hercyniens des Pyrénées orientales est fourni par la carte au 1/200.000 de cette région (Autran, Guitard et Raguin, 1963), simplifiée sur la figure 1. Un observateur non prévenu ne peut manquer d'être frappé par certains traits de la géologie des terrains métamorphiques, bien mis en évidence par cette carte.

Le bâti hercynien est morcelé en une série de « massifs » qui émergent par érosion sous la couverture mésozoïque et cœnozoïque ou qui sont séparés par de grandes failles. On ne voit pas toujours clairement les relations géologiques et pétrographiques entre ces blocs. Ce manque de continuité constitue évidemment un sérieux obstacle dans l'étude et la reconstitution des structures hercyniennes de cette région. Le découpage complexe du vieux bâti hercynien est la conséquence de l'orogénèse pyrénéo-alpine, qui intéresse un socle « cratonisé », incapable de réagir autrement que par une tectonique essentiellement cassante aux efforts orogéniques. Un important système de failles s'est alors constitué, en partie par le « rejeu » des zones de fractures plus anciennes. Le système connu sous le nom de « faille nord-pyrénéenne » de direction

WNW-ESE est le seul système de failles véritablement « abyssales », jalonné d'ultrabasites bien connus : les lherzolites. Il permet de séparer au Nord, la « zone nord-pyrénéenne » et la « zone axiale » au Sud (Ch. Jacob, 1930). Cette distinction relative à l'orogénèse alpine reste jusqu'à un certain point valable pour les vieux terrains hercyniens. En effet, les massifs hercyniens de la zone nord-pyrénéenne renferment des gneiss du faciès des granulites, de développement régional, apparaissant sous une épaisseur relativement faible de terrains métamorphiques (G. Guitard et E. Raguin, 1958). Cette circonstance ne se retrouve pas dans les massifs hercyniens de la zone axiale qui sont cependant aussi profondément érodés que ceux de la zone nord-pyrénéenne. Les gneiss du faciès des granulites s'y trouvent à une plus grande profondeur.

Dans un territoire relativement peu étendu — 160 kilomètres de long et 60 kilomètres de large — le degré atteint par le métamorphisme varie largement. On passe progressivement de l'épizone, représentée par les schistes et les calcaires du Paléozoïque supérieur, à la catazone de haut degré, représentée par des gneiss à grenat et à hypersthène, où sont atteintes les conditions du faciès des granulites. L'intensité du métamorphisme régional est rapidement variable, car de nombreuses zones de métamorphisme progressif sont franchies dans un espace restreint, comme par exemple dans le massif de l'Agly (M. Fonteilles et G. Guitard, 1967). De plus, ces zones sont curieusement « centrées » sur les massifs gneissiques. Bien que ces caractères ne soient pas particuliers à la région considérée, ils s'y expriment cependant avec une grande netteté. C'est pourquoi on est tenté de distinguer, parmi les vieux terrains métamorphiques du sol français, un « type pyrénéen » de métamorphisme (Jung, 1953).

Les terrains métamorphiques hercyniens des Pyrénées orientales sont essentiellement constitués par des mica-

schistes et des gneiss. Or, la discontinuité pétrographique très brutale entre ces deux formations est particulièrement frappante; elle s'exprime avec son maximum de netteté dans le massif du Canigou. Cette disposition nous place devant une alternative (E. Raguin, 1933 et 1938) : les gneiss représentent un ancien socle anté-hercynien, ou la discontinuité brutale s'explique par un « front de migmatites » d'origine métasomatique. Comme les massifs de gneiss pyrénéens sont souvent migmatiques, il peut être tentant d'adopter le second terme.

Cependant, on ne peut pas considérer les gneiss des Pyrénées comme univoques : il est nécessaire de faire des distinctions entre ces gneiss. H.J. Zwart (1954) distingue dans le Saint-Barthélémy des « vieux paragneiss » et des « migmatites ». G. Guitard (1955) distingue des gneiss classe I et des gneiss classe II, ces derniers incluant les migmatites en liaison dans l'espace et dans le temps avec les massifs de granite hercynien. Les gneiss du Canigou appartiennent presque entièrement aux gneiss classe I et ce ne sont pas des migmatites. L'hypothèse d'un « front de migmatite » ne peut pas expliquer la brusque discontinuité entre les gneiss et les micaschistes de ce massif (G. Guitard, 1958 b).

En fait, ce n'est pas comme une alternative que se pose le problème des gneiss pyrénéens mais comme une distinction entre des granites et des migmatites d'âges différents : âge hercynien et âge précambrien. Ainsi, dans le Canigou, on peut distinguer des orthogneiss œillés (G. Guitard, 1963) dérivant du métamorphisme d'anciens granites antéhercyniens repris dans le métamorphisme hercynien (vieux granites précambriens) et des granites hercyniens qui les recourent. C'est donc qu'il existe bien un vieux socle antéhercynien comme l'avait pensé H.J. Zwart (1954), représenté par des gneiss classe I, et que la discontinuité fondamentale mise en évidence par E. Raguin représente en général la limite entre ce socle et la couverture paléozoïque qui l'a transgressé. En outre, cette interprétation fournit une explication satisfaisante des particularités métamorphiques notées ci-dessus, et en particulier du « centrage » des zones de métamorphisme sur les massifs de gneiss (effet de socle : M. Fonteilles et G. Guitard, 1964).

Dans certains massifs pyrénéens les relations structurales entre les gneiss et les micaschistes peuvent être exprimées à l'aide d'un schéma très simple : les micaschistes sont au sommet et les gneiss sont à la base. Dans les massifs du Canigou et du Roc de France les relations sont plus complexes : dans le Canigou, les micaschistes réapparaissent en fenêtre sous les gneiss, et ces micaschistes profonds reposent eux-mêmes sur un tréfonds gneissique. Pour expliquer cette structure on est amené à faire deux hypothèses contradictoires :

les alternances de gneiss et de micaschistes résultent d'une disposition stratigraphique originelle, ou ces alternances sont d'origine tectonique et provoquées par la mise en place de nappes gneissiques pendant l'orogénèse hercynienne. La seconde hypothèse est la bonne (G. Guitard, 1964). On notera que la structure stratoïde des massifs de gneiss paraît être générale dans la zone axiale des Pyrénées, puisqu'elle est aussi celle du massif de l'Aston, dans les Pyrénées ariégeoises (E. Raguin, 1955-1964).

Ainsi, ce rapide survol de la carte géologique des Pyrénées orientales hercyniennes aura-t-il permis de faire un bref historique des recherches récentes sur la géologie des terrains profonds dans la région intéressée. Il fait aussi entrevoir l'intérêt qui s'attache à la connaissance précise de la structure et de la pétrologie de chaque massif, avant toute tentative de synthèse approfondie de l'histoire géologique et de l'évolution pétrologique de l'ensemble.

Le présent mémoire est consacré à l'étude de la structure et de la pétrologie du massif du Canigou et de la Carança qui constitue, avec le massif de l'Aston et de l'Hospitalet, l'un des deux grands massifs gneissiques de la zone axiale pyrénéenne. Ce travail ne prétend pas embrasser la totalité des problèmes géologiques et pétrologiques que pose le massif considéré. Nous avons limité nos recherches à l'évolution pétrologique et structurale des terrains au cours de l'orogénèse hercynienne, en négligeant l'évolution post-hercynienne du massif, pour autant qu'elle ne soit pas indispensable à la compréhension des structures hercyniennes. Par contre, nous avons essayé de retrouver quelques éléments de l'évolution anté-hercynienne du massif. Dans ce cadre chronologique, nous avons encore limité nos objectifs à la seule étude des terrains appartenant au domaine du métamorphisme régional en excluant l'étude des roches magmatiques hercyniennes. Cette résolution est justifiée : d'un point de vue pratique, les roches granitiques ont une faible extension géographique dans le massif étudié; d'un point de vue théorique, l'étude des roches métamorphiques et des roches magmatiques peut être considérée comme indépendante.

Le problème important des limites entre le métamorphisme régional et le magmatisme a été discuté par H. Ramberg (1952). Au cours d'une orogénèse déterminée, les roches qui recristallisent au-dessus de la température correspondant à la diagenèse des sédiments, mais en-dessous de la température à partir de laquelle un liquide magmatique peut prendre naissance par fusion partielle ou totale, ces roches appartiennent au domaine du métamorphisme régional et c'est seulement à leur étude que l'on s'intéressera. Au-dessus de cette température on rentre dans le

domaine anatectique avec fusion partielle des roches de composition favorable, où coexistent des parties fondues et des parties non fondues, ces dernières appartenant encore au domaine métamorphique.

Contrairement à une opinion assez répandue, il n'existe pas de passage graduel et continu entre les parties non fondues et les parties fondues. Dans les roches métamorphiques les phases minérales sont en équilibre avec un fluide aqueux. Dans les roches anatectiques, elles le sont avec un liquide particulier, le magma granitique. Or, on sait depuis les expériences de R.W. Goranson (1931), que ces deux liquides ne sont pas entièrement miscibles, le magma ne pouvant absorber guère plus de 10 % d'eau aux plus fortes pressions. Il y a donc une discontinuité physique entre le domaine métamorphique et le domaine anatectique, nécessairement atteint pour des températures élevées. Sur le terrain, l'impression de passage progressif entre les deux domaines est dû à ce que l'apparition de migmatites proprement anatectiques, dans le domaine anatectique, est parfois précédé, dans le domaine métamorphique, d'une zone de migmatites formées par différenciation métamorphique, dans laquelle les ségrégations quartzo-feldspathiques, qui n'ont pas la composition du magma granitique, sont d'origine hydrothermale et non pas magmatique. Ce genre de migmatites est fréquent parmi les micaschistes migmatisés « lit par lit » du tréfonds du Canigou. Ces roches doivent être considérées comme des roches métamorphiques. *Ainsi, le domaine anatectique régional n'est pas atteint.*

Si la distinction entre les roches métamorphiques et les roches magmatiques est facile dans la région, par contre, il devient arbitraire de séparer les roches du métamorphisme général de celles du métamorphisme exercé par le granite profond du Canigou sur les roches encaissantes. En effet, dans le massif du Canigou et de la Carança, les roches magmatiques hercyniennes sont essentiellement représentées par des massifs de granite avec ou sans migmatites périgranitiques, accessoirement par des roches basiques en petits amas (diorites et diorites quartziques, hornblendites, ces dernières généralement altérées par l'action des solutions post-magmatiques issues des granites). Les granites « en massifs circonscrits » de Mont-Louis, de Batère, de Saint-Laurent, de Costabonne (voir carte au 1/50.000) exercent sur les roches encaissantes un métamorphisme thermique d'extension limitée avec production d'une auréole de cornéennes bien classique, surtout typique dans les terrains peu métamorphiques de l'enveloppe paléozoïque. Au contraire, le granite profond du Canigou injecté dans le tréfonds du massif, formé de terrains appartenant à la mésozone de haut degré, se présente comme un granite à bords diffus, accidenté

de nombreuses apophyses et filons injectés dans les roches encaissantes. Ces dernières ne sont pas transformées en cornéennes, car les roches avaient déjà acquis une texture de micaschiste ou de gneiss antérieurement à l'injection du granite. L'action de ce dernier sur les terrains encaissants se manifeste cependant par un effet thermique, et par l'action des solutions post-magmatiques, cette dernière assez importante dans le tréfonds du Canigou. C'est ce qui explique pourquoi *l'isograde de la sillimanite moule étroitement le domaine du granite profond, et ne se parallélise pas avec les autres isogradés régionaux*, dans cette partie des Pyrénées. Malgré ces circonstances locales, en l'absence de modifications texturales marquées, il devient arbitraire de distinguer des roches du métamorphisme général et des roches modifiées par l'action du granite profond (hormis le cas évident des modifications hydrothermales de basse température). C'est pourquoi, sans décrire le granite lui-même, on a incluí, dans l'étude du métamorphisme régional, les roches de la zone de la sillimanite. On peut considérer que, du point de vue de la progression du métamorphisme, la zone de la sillimanite succède normalement à la zone de l'andalousite, le granite profond du Canigou ayant en quelque sorte déplacé et entraîné vers le haut l'isograde de la sillimanite. Un autre argument montre le caractère intrusif du granite profond du Canigou : l'association stable de la sillimanite et du feldspath potassique n'existe dans les gneiss pélitiques que sur une étroite zone au contact du granite. Dans la mesure où cette association peut être considérée comme marquant la limite entre la mésozone et la catazone, *les terrains métamorphiques de la région étudiée sont essentiellement mésozonaux*. La catazone n'est atteinte que très localement, au contact du granite profond du Canigou. *Le massif du Canigou et de la Carança est donc dans son ensemble moins métamorphique que les massifs voisins de l'Agly et des Albères où la catazone régionale est bien représentée*. Il faut considérer aussi que les migmatites résultant d'une anatexie régionale ne sont pas représentées dans la région étudiée, car l'érosion n'a pas atteint leur niveau. Les migmatites développées dans le tréfonds du Canigou, liées au granite profond, sont essentiellement des migmatites d'injection. Cependant, la possibilité d'une fusion partielle des roches de composition favorable (orthogneiss) au contact du granite n'est pas exclue (anatexie induite). Nous n'avons pas spécialement étudié les migmatites du Canigou, représentées dans un secteur très restreint (cf. carte au 1/50.000).

En conclusion, la présente étude n'est pas seulement un travail de géologie régionale, mais elle a essentiellement pour but l'évolution pétrologique et structurale d'un domaine métamorphique d'une partie de la chaîne hercynienne, dont les conditions d'affleurement sont favorables autant pour la reconstitution des événements

hercyniens, que pour la recherche des éléments de l'histoire antéhercynienne. Si des problèmes importants ont été résolus, d'autres questions ont surgi, qui appelleront de nouvelles études, plus détaillées et plus précises.

L'ouvrage comporte cinq parties :

1° Une vue d'ensemble de la série métamorphique du Canigou;

2° L'étude du métamorphisme progressif défini à l'aide des associations minérales des micaschistes, des amphibolites et des marbres, aboutit à la notion d'un métamorphisme régional isochimique comprenant l'épizone, la mésozone largement représentée, et le tout début de la catazone (1);

3° L'étude des roches gneissiques et le problème de leur nature et de leur origine, conduit à la mise en évidence d'un ancien socle antécambrien repris dans l'orogénèse et le métamorphisme hercynien;

4° L'étude des structures tectoniques hercyniennes, en particulier des structures correspondant au paroxysme orogénique, révèle l'importance d'une tectonique de style pennique dans la zone profonde de cette partie des

Pyrénées, qui se traduit par l'existence de nappes du premier genre dans les massifs du Canigou et du Roc de France;

5° L'étude des relations entre les gneiss et la zonéographie métamorphique permet enfin de discuter « l'effet de socle », si évident dans le massif qui nous intéresse.

Les cartes géologiques qui couvrent l'ensemble du territoire étudié dans ce mémoire paraîtront sous forme de coupures régulières du Service de la Carte Géologique : feuille de Prades au 1/80.000 n° 257, seconde édition, ainsi que diverses feuilles au 1/50.000 : Prades, Prats-de-Mollo, Céret, Arles-sur-Tech, Saillagouse et Mont-Louis, en cours d'impression ou d'élaboration.

Nous avons joint à ce mémoire une carte géologique synthétique et provisoire au 1/50.000 des massifs du Canigou et de la Carança, éditée par le B.R.G.M. Cette carte a été dressée à l'aide d'un fond topographique approximatif. Enfin il existe une carte géologique provisoire au 1/200.000 des Pyrénées orientales hercyniennes, dressée par MM. Autran, Guitard et Raguin, éditée par le B.R.G.M. (1963).

(1) La mésozone est atteinte avec l'apparition de la biotite dans les sédiments pélitiques ou semi-pélitiques, la catazone avec l'apparition de l'association sillimanite-feldspath potassique.

Bibliographie

- ALDERMAN (A.R.), 1936. — Eclogites in the neighbourhood of Glenelg, Inverness-shire. *Quart. Jour. Geol. Soc.*, London, vol. 92, p. 488-528.
- ALLAART (J.H.), 1958. — The geology and petrology of the Trois Seigneurs Massif, Pyrénées — France. *Leidse Geol. Med.* 22, p. 97-214.
- ALLING (H.A.), 1932. — Perthites. *Amer. Miner.*, vol. 17, p. 143.
- AMICO (Cl. D'), 1962. — La zona cristallina Agordo-Cereda. *Mem. Inst. Geol. Miner. Univ. Padova*, vol. 23, 77 p.
- ANDERSEN (O.), 1928. — The genesis of some types of feldspar from granite pegmatite. *Norsk. Geol. Tidsk.*, Bd. X, p. 116-207.
- ANDERSON (G.H.), 1937. — Granitization, albitization, and related phenomena in the Northern Inyo Range of California-Nevada. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 48, p. 1-74.
- ARGAND (E.), 1934. — Guide géologique de la Suisse, fasc. III : la zone pennique.
- AUBOUIN (J.), 1961. — Propos sur les géosynclinaux. *B.S.G.F.*, 7 sér., t. III, p. 629-702.
- AUTRAN (A.), 1964. — Sur la signification de la structure planaire dans le massif granitique de Mont-Louis (Pyrénées-Orientales). *C.R. Ac. Sc.*, t. 258, p. 6191-6194.
- AUTRAN (A.) et GUITARD (G.), 1957a. — Sur le granite de Mont-Louis (Pyrénées-Orientales). *B.S.G.F.*, t. VII, p. 245-270.
- AUTRAN (A.) et GUITARD (G.), 1957b. — Sur la signification de la sillimanite dans les Pyrénées. *C.R. Som. S.G.F.*, n° 8, p. 141.
- AUTRAN (A.), GUITARD (G.) et RAGUIN (E.), 1963. — Carte géologique de la partie orientale des Pyrénées hercyniennes au 1/200 000 (Édition provisoire). Éditée par le B.R.G.M.
- AUTRAN (A.), FONTEILLES (M.) et GUITARD (G.), 1966. — Discordance du Paléozoïque inférieur métamorphique sur un socle gneissique antéhercynien dans le massif des Albères (Pyrénées-Orientales) *C.R.Ac.Sc.* t 263, p. 317-320.
- BATTEY (M.H.), 1955. — Alkali metasomatism and the petrology of some keratophyres. *Geol. mag.*, vol. 92, p. 104-125.
- BEARTH (P.), 1952. — Géologie und Petrographie des Monte Rosa. *Beitz. Geol. Karte. Schweiz.* Neue Folge 96.
- BECKE (F.), 1913. — Über Mineralbestand und Struktur der kristallinen Schiefer. *Denkschr. Akad. Wiss. Wien, mat. natur.* Kl 75, t. I., p. 1-53
- BECKE (F.), 1913. — Zur Physiographie der Gemengteile der Krystallinen Schiefer. *Ibd.* Kl 75, p. 97-152.
- BECKE (F.), 1908. — Über Myrmekite. *Tscherm. Min. Petr. Mitt.* 27.
- BELLIÈRE (J.), 1957-1958. — Contribution à l'étude pétrogénétique des schistes cristallins du massif des Aiguilles Rouges (Haute-Savoie). *Ann. Soc. Geol. Belgique*, t. 81, p. 1-198.
- BILLINGS (M.P.), 1937. — Regional metamorphism of the Littleton-Moosilanke area, New Hampshire. *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 48, p. 463-566.
- BILLINGS (M.P.), 1938. — Introduction of potash during regional metamorphism in Western New Hampshire. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 49, p. 289-302.
- BIROT (P.), 1937. — Recherches sur la morphologie des Pyrénées orientales franco-espagnoles. Thèse de Doctorat, 318 p., Paris.
- BOWEN (N.L.), 1956. — The evolution of the igneous rocks. 2nd ed. Dover Public, New York.
- BRIÈRE (Y.), 1920. — Les éclogites françaises. Leur composition minéralogique et chimique; leur origine. *Bull. Soc. Fr. Minér. Crist.*, vol. 42, p. 72-222.

- BRINDLEY (G.W.) et YUELL (R.F.), 1953. — Ferrous chamosite and ferric chamosite. *Min. Mag.*, vol. 30, p. 57.
- BROWN (W. L.), 1962. — Peristerite unmixing in the plagioclases and metamorphic facies series, *Norsk. geol. Tidsskr.*, 42, p. 354.
- CAILLÈRE (S.) et MICHARD (A.), 1962. — Étude de quelques muscovites phengitiques provenant des Alpes cottiennes sud-orientales. *C.R. 87^e Congrès des sociétés savantes*, p. 567-571.
- CAVET (P.), 1948. — La lame de granite écrasé de Llo (Pyrénées-Orientales). *C.R. Som. S.G.F.*, p. 104.
- CAVET (P.), 1951. — Sur la stratigraphie de la zone axiale des Pyrénées orientales. *C.R. Ac. Sc.*, t. 232, p. 743-745 et 858-859.
- CAVET (P.), 1957. — Le Paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées orientales françaises (études stratigraphique et paléontologique). *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. 55, n° 254.
- CAVET (P.), 1958. — Stratigraphie du Paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées à l'est de l'Ariège. *B.S.G.F.*, 6^e série, t. 8, p. 853-867.
- CHENENOY (M.), 1958. — Contribution à l'étude des schistes cristallins de la partie nord-ouest du Massif Central français. *Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*, 428 p.
- CHINNER (G. A.), 1960. — Pelitic gneisses with varying ferrous/ferric ratios from Glen Clova, Angus, Scotland. *Journ. Petrology*, vol. 1, p. 178-217.
- CHINNER (G. A.), 1961. — The origin of sillimanite in Glen Clova, Angus. *Journ. Petrology*, vol. 2, p. 312-323.
- COLLOMB (P.), 1957. — Formations acides d'origine éruptive dans la série cristallophyllienne du Rouergue. *C.R. Somm. S.G.F.*, p. 57.
- CORDIER (P.) et ORBIGNY (C. d'), 1868. — Description des roches composant l'écorce terrestre et des terrains cristallins constituant le sol primitif. Paris, Savy et Dunod, éd.
- CUMMINS (W. A.), 1957. — The Denbigh grits; Wenlock Greywackes in Wales. *Geol. Mag.* XCIV, p. 433-451.
- DEER (W. A.), HOWIE (R. A.) et ZUSSMAN (J.), 1962-1963. — Rock forming minerals. Longmans.
- DEMAYS (A.), 1942. — Microtectonique et tectonique profonde. *Mém. Serv. Carte Géol. France*, 260 p.
- DEPÉRET (CH.), 1905. — Aperçu sommaire sur la géologie du massif du Canigou. *Bull. Soc. Agr. Sc. et Litt. Pyrénées-Orientales*, t. XLVI, p. 421-441.
- DESTOMBES (J. P.) et RAGUIN (E.), 1960. — Sept coupes à travers le massif de gneiss de l'Aston, Ariège. *B.S.G.F. (7)*, t. II, p. 28-37.
- DIETRIER (J.), 1964. — Étude pétrographique des enclaves de quelques granites du Massif Central français. *Ann. Fac. Sc. Univ. Clermont*, n° 23, 255 p.
- DIETRICH (R. V.), 1959. — Development of pygmatic feautres within a passive host during partial anatexis. *Beitr. Min. Petro.* Bd. 6, p. 357-366.
- DIETRICH (R. V.), 1960. — Banded gneisses. *Journ. Petrol.*, vol. 1, p. 99-120.
- DIETRICH (R. V.), 1963. — Banded gneisses of eight localities. *Norsk. Geol. Tidsskr.* Bd 43, p. 89-119.
- DIMITRIJEVIC (M.), 1958. — Geoloski sastov i struktura Bujanovackog granitskog masiva. [Mémoires serv. Géol. et géophys. de R.P., Serbie], VII, 1 vol., 148 p.
- DONNAY (G.) et DONNAY (J. D.), 1952. — The symmetry change in the high-temperature alkali feldspars series. *Am. Journ. Sc. Bowen volume*, t. I, p. 115-132.
- DRESCHER-KADEN (F. K.), 1948. — Die Feldspat-Quartz Reaktionsgefüge des Granites und Gneiss. Berlin, Springer. 1 vol., 259 p.
- DURELL (C.), 1940. — Metamorphism in the southern Sierra Nevada, northeast of Visalia, California. *Un. California publi. Bull. Dept. Geol. Sc.*, vol. 25, n° 1, p. 1-118.
- ELLENBERGER (F.), 1958. — Étude géologique du pays de Vanoise. *Mém. Serv. Carte Géol. Fr.*, 562 p.
- ELLENBERGER (F.), 1963. — Rabotage basal ou troncature basale? Réflexions sur les charriages cisailants. *C.R. Ac. Sc.*, t. 257, p. 468-471.
- ELLENBERGER (F.), 1965. — Le style pennique : rhéomorphisme ou cisaillements? Application au Grand Paradis. *C.R. Ac. Sc.*, t. 260, p. 4008-4011.
- ELLES (G. L.) et TILLEY (C. E.), 1930. — Metamorphism in relation to structure in the Scottish Highlands. *Trans. Roy. Soc. Edin.* Vol. 56, part III, n° 25, p. 621-646.

- ERNST (W. G.), 1963. — Significance of phengitic micas from low-grade schists. *Am. Miner.*, 48, p. 1357-1373.
- ESKOLA (P.), 1914. — On the petrology of the Orijarvi region in South Western Finland. *Bull. Comm. Geol. Finlande*, n° 40.
- ESKOLA (P.), 1915. — On the relation between chemical and mineralogical composition in the metamorphic rocks of the Orijarvi region. *Ibid.*, n° 44.
- ESKOLA (P.), 1920. — The mineral facies of rocks. *Norsk geol. Tids*, 6, p. 143.
- ESKOLA (P.), 1921. — On the eclogites of Norway. *Videnskapsselskapets — Skrifter I. Mat. — naturv. Kl.*, Kristiana, n° 8.
- ESKOLA (P.), 1939. — Die Entstehung der Gesteine. (In Barth, Correns et Eskola). Berlin, J. Springer. [Traduction M. Fontelles *B.R.G.M.*, n° 4384.]
- ESKOLA (P.), 1948. — The problem of mantled gneiss domes. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, vol. 104, p. 439-460.
- EUGSTER (H. P.) et YODER (H. S.), 1955. — The join muscovite-paragonite. *Carnegie Inst. Wash. An. Rep. Geophys. Lab.*, 1954-1955, p. 124.
- EVANS (J. R.), 1944. — Porphyry of the Porcupine district, Ontario. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 55, p. 1115-1142.
- EXNER (CH.), 1949. — Tektonik, Feldspatausbildungen und deren gegenseitigen Beziehungen in den östlichen Hohen Tauern. *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, III, F 1 (Wien).
- EXNER (CH.), 1951. — Mikroklino-epidotoxen mit helizitischen Einschlusszügen bei Badgastein. *Ibid.* F 2 (Wien), p. 111-130.
- EXNER (CH.), 1953. — Zum Zentralgneissproblem in den östlichen Hohen Tauern. *Radex-Rundschau*, n°s 7-8, p. 417-433 [traduction *B.R.G.M.*, n° 1669].
- EXNER (CH.), 1960-1963. — Structures anciennes et récentes dans les gneiss polymétamorphiques de la zone pennique des Hohe Tauern. Livre à la mémoire du Professeur Paul FALLOT, t. II. *Soc. Géol. Fr.*, p. 503-515.
- EXNER (CH.), 1961. — Schachbrettalbit und Myrmekit. Eine Verteilungsregel im Hochalm — Ankogelmassiv. *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, H. 1, p. 59-63.
- FABRIÈS (J.), 1963. — Les formations cristallines et métamorphiques du nord-est de la province de Séville (Espagne). Essai sur le métamorphisme des roches éruptives basiques. Thèse, Nancy, 267 p.
- FAWCETT (J. J.), 1963-1964. — Upper Stability limits of magnesian chlorites. *Carnegie Institution of Washington Year Book* 63. Geophysical Laboratory, n° 1440.
- FLETTKE (C. R.), 1914. — The Manhattan Schist of south east New York State. *Ann. N-Y Acad. Sc.*, XXIII, p. 239.
- FLINN (D.), 1962. — On folding during three dimensional progressive deformation. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, vol. CXVIII, n° 472, p. 385-433.
- FONTBOTÉ (J. M.), 1949. — Nuevos datos geológicos sobre la cuenca alta del Ter. *Anales del Instituto de estudios gerundenses*, Gerona, t. IV, 57 p.
- FONTBOTÉ (J. M.), 1962. — Sobre el estilo tectónico de la estructura hercínica en la cuenca alta del Ter. *Memorias y comm. del Instit. Geol. Provincial Barcelona*, t. IX, p. 9-13.
- FONTBOTÉ (J. M.) et GUITARD (G.), 1958. — Aperçus sur la tectonique cassante de la zone axiale des Pyrénées orientales entre les bassins de la Cerdagne et de l'Ampurdan — Roussillon. *B.S.G.F.*, 6^e série, t. VIII, p. 884-890.
- FONTEILLES (M.), 1962a. — Contribution à l'étude des skarns de Kamioka, préfecture de Gifu, Japon. *Journ. Fac. Sc. University Tokyo*, sec. II, vol. 14, p. 152-227.
- FONTEILLES (M.), 1962b. — Évolution orogénique et types de métamorphisme. *C.R. Ac. Sc.*, t. 225, p. 2134-2136.
- FONTEILLES (M.), 1965a. — L'équilibre chimique dans le métamorphisme. *B.S.G.F.*, 7^e sér., t. VII, p. 136-146.
- FONTEILLES (M.), 1965 b. — Sur la profondeur de formation des veines à disthène géodique de la région de Baud (Morbihan) et sur la signification des veines à disthène en général. *Bull. Soc. Fr. Min. Crist.*, t. 88, n° 2, p. 281.
- FONTEILLES (M.) et GUITARD (G.), 1964. — L'effet de socle dans le métamorphisme hercynien de l'enveloppe paléozoïque des gneiss des Pyrénées. *C.R. Ac. Sc.*, t. 258, p. 4299-4302.
- FONTEILLES (M.) et GUITARD (G.), 1967. — Notice explicative de la carte géologique au 1/80 000, feuille de Quillan (254). 3^e édit.
- FONTEILLES (M.), GUITARD (G.) et RAGUIN (E.), 1964. — Présence de gneiss à disthène et cordiérite dans le massif du Saint-Barthélémy (Pyrénées de l'Ariège). *C.R. Ac. Sc.*, t. 258, p. 3524-3525.
- FOSTER (D. M.), 1960. — Interpretation of the composition of trioctahedral micas. *Geol. Surv. Prof. Paper U.S.A.*, 345-B.
- FOSTER (D. M.), 1962. — Interpretation of the composition and a classification of the chlorites. *Geol. Surv. Prof. Paper.*, 414-A.

- FOURMARIER (P.), 1951. — Schistosité, foliation et microplissement. *Archiv. des Sciences*, Genève, vol. 4, p. 5.
- FOURMARIER (P.), 1953. — Schistosité et grande tectonique. *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. 76.
- FOURMARIER (P.), 1961. — L'intérêt de l'étude des déformations mineures des roches pour la compréhension de l'évolution des régions plissées. *Archiv. des Sciences*, Genève, vol. 14, fas. 3, p. 435-460.
- FRANCIS (G. H.), 1956. — Facies boundaries in pelites at the Middle grades of Regional metamorphism. *Geol. Mag.*, vol. XCIII, n° 5, p. 353-368.
- FRASL (G.), 1954. — Anzeichen schmelzflüssigen und hochtemperierten Wachstums an den grossen Kalifeldspaten einiger Porphygranite, Porphygranitgneise und Augengneise in Österreich. *Jahrb. Geol. Bundesanstalt* XCVII S, 71-131.
- FRASL (G.), 1957. — Der heutige Stand der Zentralgneisforschung in den Ostalpen. *Joanneum. mineral. Mitt.*, 2, p. 41-63.
- FYFE (W. S.), TURNER (F. J.) et VERHOOGEN (J.), 1958. — Metamorphic reactions and metamorphic facies. *Geol. Soc. America Mem.*, 73, 259 p.
- GAVELINS (S.), 1939. — Geology and ores of the Malanäs district, Vasterbotten, Sweden. *Sveriges geol. undersökning Ser.*, C.N. 424, Ar. 33.
- GILLULY (J.), 1933. — Replacement origin of albite granite near Sparta, Oregon. *U.S. Geol. Surv. prof. Pap.*, 175-C., p. 77.
- GLEDITSCH (C.), 1950. — Sur la formation de gneiss œillés et de granites d'anatexie d'après des observations dans des zones orogéniques de différentes époques. *B.S.G.F.*, 5^e sér., t. XX, p. 345-352.
- GOCUEL (J.), 1945. — Sur l'origine mécanique de la schistosité. *B.S.G.F.* (5), XV, p. 509-522.
- GOGUEL (J.), 1952. — Traité de tectonique. Paris, Masson, 2^e éd., 1965.
- GOCUEL (J.), 1965. — Le mécanisme de l'orientation des minéraux dans les roches métamorphiques. *C.R. Ac. Sc.*, t. 260, p. 6145.
- GOLDSCHMIDT (V. M.), 1911. — Die Kontaktmetamorphose im Kristianiagebiete. *Oslo. Vidensk. Skrifter. I. Mat.-naturv. Kl. Kristiania*, n° 11.
- GOLDSMITH (J. R.) et LAVES (F.), 1954. — Potassium feldspars intermediate between microcline and sanidine. *Geoch. Cosm. Acta*, vol. VI, p. 100-118.
- GOLDSMITH (J. R.) et LAVES (F.), 1961. — The sodium content of microcline and the microcline-albite series. Inst. Lucas Mallada C.S.I.S. *Cursillos y conferencias*, fasc. VIII, p. 81-96.
- GOODSPEED (G. E.), 1937. — Development of quartz porphyroblasts in a siliceous hornfelds. *Amer. Min.*, vol. 22, p. 113.
- GORANSON (R. W.), 1931. — The solubility of water in granite magma. *Am. J. Sc.*, ser. 5, 22, p. 481.
- GREEN (J. C.), 1963. — High-level metamorphism of pelitic rocks in northern New-Hampshire. *Am. Min.*, vol. 48, p. 991-1023.
- GUIDOTTI (C. V.), 1963. — Metamorphism of the pelitic schists in the Bryant pond quadrangle, Maine. *Am. Min.*, vol. 48, p. 772-791.
- GUIARD (G.), 1953. — La structure du massif du Canigou. *B.S.G.F.*, sér. 6, t. III, p. 907-924.
- GUIARD (G.), 1955. — Sur l'évolution des gneiss des Pyrénées. *B.S.G.F.*, t. V, p. 441-469.
- GUIARD (G.), 1958. — Gneiss acides d'origine rhyolitique dans le massif du Canigou (Pyrénées-Orientales). *C.R. Som. S.G.F.*, p. 23-27, n° 2.
- GUIARD (G.), 1958. — Aperçus et réflexions sur les schistes cristallins et les granites de la zone axiale pyrénéenne entre l'Ariège et la Méditerranée. *B.S.G.F.*, t. VIII, p. 825-852.
- GUIARD (G.), 1960. — Linéations, schistosités et phases de plissement durant l'orogénèse hercynienne dans les terrains anciens des Pyrénées orientales. *B.S.G.F.*, t. II, 7^e sér., p. 862-887.
- GUIARD (G.), 1961. — Microperthites d'origine volcanique dans les gneiss œillés du Canigou (Pyrénées-Orientales). *B.S.F.M.C.*, LXXXIV, p. 92-93.
- GUIARD (G.), 1962. — Sur l'existence de plis « antéschisteux » dans le Paléozoïque inférieur et les gneiss du massif du Canigou-Carança (Pyrénées-Orientales). *C.R. Som. S.G.F.*, n° 10, p. 297.
- GUIARD (G.), 1963. — Sur la présence de feldspaths à structure « rapakiwi » et à inclusion en zone dans les gneiss œillés du massif du Canigou-Carança (Pyrénées-Orientales). *C.R. Som. S.G.F.*, f. 4, p. 82.
- GUIARD (G.), 1963. — La composition des biotites des gneiss œillés du Canigou (Pyrénées-Orientales) et l'origine de ces gneiss. *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.*, p. 139-142.
- GUIARD (G.), 1963. — Sur l'importance des orthogneiss dérivant du métamorphisme d'anciens granites parmi les gneiss œillés du Canigou. *C.R. Som. S.G.F.*, f. 4, p. 130.

- GUITARD (G.), 1964. — Un exemple de structure en nappe de style pennique dans la chaîne hercynienne : les gneiss stratoïdes du Canigou (Pyrénées-Orientales). *C.R. Acad. Sc.*, t. 258, p. 4597-4599.
- GUITARD (G.), 1965. — Associations minérales, subfaciès et types de métamorphisme dans les micaschistes des massifs du Canigou et de la Carança. *Bull. S.G.F.*, 7^e sér. t. VII, p. 356-382.
- GUITARD (G.) et LAFFITTE (P.), 1956. — Sur l'importance et la nature des manifestations volcaniques dans le Paléozoïque inférieur des Pyrénées orientales. *C.R. Ac. Sc.*, t. 242, p. 2749-2752.
- GUITARD (G.) et LAFFITTE (P.), 1958. — Les calcaires métamorphiques et les skarns du pic de Costabonne (Pyrénées-Orientales). *Sciences de la Terre*, t. VI, nos 1 et 2, p. 57-137.
- GUITARD (G.) et RAGUIN (E.), 1958. — Sur la présence de gneiss à grenat et hypersthène (faciès granulite d'Eskola) dans le massif de l'Agly (Pyrénées-Orientales). *C.R. Ac. Sc.*, t. 247, p. 2385-2388.
- GUITARD (G.) et RAGUIN (E.), 1961. — Sur les roches ultrabasiques du Paléozoïque inférieur de la partie orientale des Pyrénées. *C.R. Ac. Sc.*, t. 252, p. 3606-3608.
- GUITARD (G.), RAGUIN (E.) et SABATIER (G.), 1960. — La symétrie des feldspaths potassiques dans les gneiss et les granites des Pyrénées orientales. *Bull. Soc. Fr. Minér. Cristallogr.*, LXXXIII, p. 48-56, et International Geological Congress XXI Session Norden, Part XIV, p. 207-215.
- GYSIN (M.) et VALLET (J. M.), 1949. — Sur quelques arkoses du Val d'Heremence (Valais). *Archives des Sciences*, Genève, vol. 2, fasc. 2, p. 197-222.
- HALFERDAHL (L. B.), 1961. — Chloritoïd : its composition, X-ray and optical properties, stability and occurrence. *Journ. of Petrology*, vol. 2, p. 49-135.
- HALLER (J.), 1955. — Der « Zentrale Metamorphe Komplex » von NE Grönland. *Medd. Grönland* 73 (3), t. I.
- HARKER (A.), 1902. — Pétrographie. (Traduc. O. Chemin, Paris. Béranger.)
- HARKER (A.), 1932. — Metamorphism. London, Methuen.
- HARKER (R. I.), 1954. — The occurrence of orthoclase and Microcline in the granitic gneisses of the Carn Chuinneag-Onchbae Complex, Ross-shire. *Geol. Mag.*, vol. XCI, p. 129-136.
- HARKER (R. I.), 1962. — The older ortho-gneisses of Carn Chuinneag and Inchbae. *Journ. Petrol.*, vol. 3, p. 215-237.
- HARRY (W. T.), 1952. — An unusual appinitic sill near Killin, Perthshire. *Geol. Mag.*, vol. 89, n° 1, p. 41-48.
- HAY (R. L.), 1960. — Diagenetic K feldspar in the John Day formation in north central Oregon. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 71, n° 12, p. 1884-1885.
- HAYAMA (Y.), 1964. — Progressive metamorphism of pelitic and psammitic rocks in the Komagane district, Nagano pref., Japan. *Journ. Faculty of Sciences, University of Tokyo*, Sec. II, vol. XV, p. 321-369.
- HEIM (R. C.), 1952. — Metamorphism in the Sierra de Guadarrama. Thèse, Utrecht.
- HIETANEN (A.), 1956. — Kyanite, andalousite, and sillimanite in the schist in Boehls Butte quadrangle, Idaho. *Am. Min.*, vol. 41, p. 1-27.
- IDDINGS (J. P.), 1904. — Quartz-feldspar porphyry from Llano Texas. *Journ. Geol.*, XII, p. 225-231.
- IYAMA (T.), 1960. — Recherches sur le rôle de l'eau dans la structure et le polymorphisme de la cordiérite. *Bull. Soc. Franç. Min. Crist.*, vol. 83, p. 155-178.
- IYAMA (T.), WYART (J.) et SABATIER (G.), 1963. — Équilibre des feldspaths alcalins et des plagioclases à 500, 600, 700 et 800 °C sous une pression d'eau de 1 000 bars. *C.R. Ac. Sc.*, t. 256, p. 5016-5020.
- IWASAKI (M.), 1963. — Metamorphic rocks of the Kôtu-Bizan area eastern Sikoku. *Journ. Fac. Sc. University of Tokyo*, sec. II, vol. XV, p. 1-90.
- JACOB (Ch.), 1930. — Zone axiale, versant sud et versant nord des Pyrénées. *Livre jubilaire Centenaire S.G.F.*, t. II, p. 389-410.
- JAMES (H. L.), 1955. — Zones of regional metamorphism in the Précambrien of northern Michigan. *Bull. Geol. Soc. America* vol. 66, p. 1455-1487.
- JARIKOV (V. A.) et VLASOVA (D. K.), 1961. — Cornéennes et skarns de contact du gisement de Majkhura. *Fiz-Khim. Probl. Formir. gornyykh Porod. Rud. Moscou*; Izd. A. N. S.S.S.R., t. I, p. 326-386 (livre jubilaire du professeur Korjinskii) [traduction B.R.G.M., n° 4427 par M^{me} Golobov].
- JOHNSON (M. R.), 1963. — Some time relations of movements and metamorphism in the Scottish Highlands. *Geologie en mijnbouw jour.*, 42, p. 121-142.
- JUNG (J.), 1928. — Contribution à la géologie des Vosges hercyniennes d'Alsace. *Mém. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine*, n° 2.

- JUNG (J.), 1949. — Les gneiss de Bort-les-Orgues (Corrèze). Contribution à l'étude de la métasomatose alcaline. *Annales Hebert et Haug*, p. 223.
- JUNG (J.), 1953. — Zonéographie et âge des formations cristallophylliennes des massifs hercyniens français. *B.S.G.F.*, 6 (vol. 3), p. 329.
- JUNG (J.) et ROQUES (M.), 1952. — Introduction à l'étude zonéographique des formations cristallophylliennes. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. L, n° 235.
- KAADEN (G. VAN DER), 1951. — Optical studies on natural plagioclase feldspar with high and low temperature optics. Thèse, Utrecht. 1 vol., 105 p.
- KALSBECK (F.), 1962. — Petrology and structural geology of the Berlanche-Valloire area Belledonne massif France. Thèse, Leiden. 134 p.
- KARL (F.), 1954. — Über Hoch und Tieftemperaturoptik von Plagioklasen und deren petrographische und geologische Auswertung am Beispiel einiger Alpiner Ergussgesteine. *Tsch. Min. Petr. Mitt.*, vol. 4, p. 320-328.
- KARL (F.), 1957. — Der derzeitige Stand bachsialer Gefügeanalysen in den Ostalpen. *Jahrb. Geol. Bundesanst.* Bd 97, p. 113-152.
- KENNEDY (W.), 1951. — Sedimentary differentiation as a factor in Moine-Torridonian correlation. *Geol. Mag.*, vol. 88, p. 257-266.
- KERN (R.) et WEISSBROD (A.), 1964. — Thermodynamique de base pour minéralogistes, pétrographes et géologues. Paris, Masson.
- KNOFF (A.), 1948. — The Geosynclinal Theory. *Bull. Soc. Geol. America*, vol. 47, p. 649-670.
- KOHLER (A.), 1948. — Erscheinungen an Feldspaten in ihrer Bedeutung für die Klärung der Gesteins genesis. *Tsch. Min. Petr. Mitt.*, vol. I, 3^e sér., p. 51-67.
- KOHLER (A.), 1949. — Recent results of investigations of the feldspars. *Journ. Geol. Vol.*, p. 592-599.
- KOHLER (A.) et RAAZ (F.), 1947. — Gedanken über die Bildung von Feldspatzwillingen in Gesteinen. *Geol. B.A. Wien. Verh. Jg 1945*, p. 163-171.
- KORJINSKII (D. S.), 1950. — Phase rule and geochemical mobility of elements. *International geological congress 1948*, part. II, p. 50-57.
- KORJINSKII (D. S.), 1950. — Differential mobility of components and metasomatic zoning in metamorphism. *Ibid.*, part. III, p. 65-72.
- KORJINSKII (D. S.), 1955. — Quelques problèmes fondamentaux de l'étude des gites métallifères en relation avec les roches ignées (*en russe*). Publié par l'Institut des Sciences géologiques de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. [Traduction par M. BURGUNKER dans *Inter. Geology Rev.*, vol. 6, n° 10 et n° 11.]
- KORJINSKII (D. S.), 1957. — Base physico-chimique de l'analyse des paragenèses de minéraux. Édition de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. [Traduction *B.R.G.M.* n° 2294 par SZYSMAN et LOUGNON.]
- KUNO (H.), 1954. — Les roches volcaniques (*en japonais*).
- KUNO (H.), YAMASAKI (K.), IDA (C.) et NAGASHIRA (K.), 1957. — Differentiation of Hawaiian magmas. *Jap. Journ. Geol. and Geogra.*, vol. 28, p. 179-218.
- LACROIX (A.), 1889. — Contribution à l'étude des gneiss à pyroxène et des roches à wernérite. *Bull. Soc. Fr. Minér.*, t. 12, p. 83-364.
- LACROIX (A.), 1890. — Contribution à l'étude des roches métamorphiques et éruptives de la Haute-Ariège. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. II, n° 11, p. 1-24.
- LACROIX (A.), 1893-1895. — Minéralogie de la France et de ses colonies. T. I. Paris, Baudry-Béranger.
- LACROIX (A.), 1922. — Minéralogie de Madagascar. Paris, Challamel.
- LAFFITTE (P.), 1957. — Introduction à l'étude des roches métamorphiques et des gites métallifères. Paris, Masson.
- LAMBERT (R. J.), 1959. — The mineralogy and metamorphism of the Moine schists of the Morar and Knoydart districts of Inverness-shire. *Trans. Roy. Sc. Edin.*, vol. 58, p. 553-588.
- LAPPARENT (J. DE), 1909. — Étude comparative de quelques porphyroïdes françaises. Thèse. Paris, Gauthier-Villars.
- LAVES (F.), 1950. — The lattice and twinning of microcline and other potash feldspars. *Journ. Geol.*, vol. 58, p. 548-571.
- LAVES (F.) et GOLDSMITH (J. R.), 1961. — Polymorphism, order, disorder, diffusion, and confusion in the feldspars. *Inst. Lucas Mallada C.S.I.C., Cursos y Conferencias*, fasc. VIII, p. 71-80.

- LEAKE (B. E.), 1958. — Composition of pelites from Connemara, Galway, Ireland. *Geol. Mag.*, vol. XCV, n° 4, p. 281-296.
- LEAKE (B. E.), 1964. — The chemical distinction between ortho and para-amphibolites. *Journ. Petrol.*, vol. 5, p. 238-254.
- LJUNGGREN (P.), 1954. — The region of Halia in Dalecarlia, Sweden. Thèse, Göteborg. 1 vol., 112 p.
- MACKENZIE (W. S.), 1954. — The orthoclase-microcline inversion. *Miner. Mag.*, vol. 30, p. 354-366.
- MACKENZIE (W. S.) et SMITH (J. V.), 1955. — The alkali feldspars I. Orthoclase-microperthites. *Amer. Miner.*, vol. 40, p. 707-732.
- MARFUNIN (A. S.), 1961. — The relation between structure and optical orientation in potash-soda feldspars. *Inst. Lucas Mallada C.S.I.C. Cursos y Conferencias*, fasc. VIII, p. 97-109.
- MARMO (V.), 1962. — On granite. *Bull. Com. Geol. Finlande*, n° 201, p. 5-72.
- MARTIGNOLE (J.), 1964. — Recherches pétrographiques et structurales dans la région d'Ax-les-Thermes. Thèse 3^e cycle, Toulouse.
- MAUCHER, 1943. — Ueber geregelte Plagioklaseinschlüsse in Orthoklas und Sanidin. *Zeits. für Kristall.*, 105-S-82.
- MAUREL (P.) et BROUSSE (R.), 1959. — Sur les phyllites contenues dans quelques arkoses. *Bull. Soc. Franç. Minér. Crist.*, vol. 82, p. 87-90.
- MENDEL (O.), 1908. — Feuilles de Prades et Ceret au 80 000^e (Albères et Cerdagne). *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. XVIII, n° 19, p. 110-117.
- MENDEL (O.) et BERTRAND (L.), 1925. — Notice explicative de la feuille de Prades (257) au 1/80 000, 1^{re} édition.
- MICHEL (R.), 1953. — Les schistes cristallins des massifs du Grand-Paradis et Sezia-Lanzo, Alpes franco-italiennes. *Sciences de la Terre*, 3-4, 290 p.
- MICHEL-LÉVY (A.), 1874. — Structure microscopique des roches acides anciennes. *Bull. Soc. Franç. Minér.*, t. 3, p. 201-222.
- MICHEL-LÉVY (A.), 1908. — Les terrains primaires du Morvan et de la Loire. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 120, t. 18.
- MICHOT (P.), 1956-1957. — La géologie des zones profondes de l'écorce terrestre. *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, t. 80, p. B 19-60.
- MICHOT (P.), 1963. — La structure continentale. *Bull. Ac. Roy. Belgique (classe des Sciences)*, 12, p. 1337-1373.
- MIYASHIRO (A.), 1953. — Calcium-poor garnet in relation to metamorphism. *Geochim. and Cosm. Acta*, vol. 4, p. 179-208.
- MIYASHIRO (A.), 1957. — Chlorite of crystalline schists. *Journ. Geol. Soc. Japan*, vol. 63, n° 736, p. 1-8.
- MIYASHIRO (A.), 1958. — Regional metamorphism of the Gosaisyo-Takanuki district in the central Abukuma plateau. *Journ. Fac. Sc. University of Tokyo*, sec. II, vol. XI, part. 2, p. 219-272.
- MIYASHIRO (A.), 1960. — Thermodynamics of reaction of rock-forming minerals with silica. Part VI chemical potential of silica and the calcite-wollastonite equilibrium in an open system. *Jap. Journ. Geol. and Geogr.*, vol. 31, n° 4, p. 241-252.
- MIYASHIRO (A.), 1961. — Evolution of metamorphic belts. *Journ. Petrol.*, vol. II, n° 3, p. 277-311.
- MIYASHIRO (A.) et SEKI (Y.), 1958. — Mineral assemblages and subfacies of the glaucophane-schist facies. Japon. *Journ. Geol. Geogr.*, vol. 29, p. 199-208.
- MOREY (G. W.), 1922. — The development of pressure in magma as a result of cristallisation. *Washington acad. Sc. Journ.*, vol. 12, p. 219-230.
- NICOLINI (P.), 1949. — Étude géologique de la région de Ballestavy (Pyrénées-Orientales). *Diplom. Étud. Sup. (inédit)*.
- NIGGLI (P.), QUERVAIN (F. DE) et WINTERHALTER (R.), 1930. — Chemismus schweizerischer Gesteine. *Beitz. Geol. Schweiz. Geotech. Ser.*, n° 14, 389 p.
- NIGGLI (P.), 1938. — La loi des phases en minéralogie et pétrographie. [*Traduc. P. Urbain*]. Paris, Hermann et Cie.
- NIKITIN (W.), 1936. — Die Fedorov Methode. Berlin.
- NOCKOLDS (S. R.) et ALLEN (R.), 1956. — The geochemistry of some igneous rocks series III. *Geoch. Cosm. Acta.*, vol. 9, p. 34-77.
- NOCKOLDS (S. R.), 1947. — The relation between chemical composition and paragenesis in the biotite micas of igneous rocks. *Amer. Journ. Sc.*, vol. 245, n° 5, p. 401-420.
- NOCKOLDS (S. R.), 1954. — Average chemical compositions of some igneous rocks. *Bull. Geol. Soc. America.*, vol. 65, p. 1007-1032.
- OFTEDAHL (CH.), 1958. — A theory of exhalative sedimentary ores. *Geol. Föreningens. Stoskholm Forhandlingar* n° 492, Bd. 80, p. 1-19.

- OKI (Y.), 1961. — Biotites in metamorphic rocks. *Jap Journ. Geol. Geogr.*, vol. 32, nos 3-4, p. 497-506.
- OLIVERS (R. L.), 1954. — Welded tuffs in the Barrowdale volcanic series, English Lake District. *Geol. Mag.*, vol. XCI, n° 6, p. 473.
- ORCEL (J.), 1927. — Recherches sur la composition chimique des chlorites. *Bull. Soc. Franç. Miner.*, vol. 50, p. 75-456.
- ORVILLE (P. M.), 1962. — Alkali metasomatism and feldspars. *Norsk. Geol. Tidssk.*, Bd. 42 (feldspar vol.), p. 283-316.
- PALM (Q. A.), 1957. — Les roches cristallines des Cévennes médianes à hauteur de Largentière. Thèse, Utrecht, 1 vol., 121 p.
- PAVLOVSKY (E. V.) et MARKOV (M. S.), 1963. — Quelques questions générales de géotectonique. *Trudy Geol. Inst. S.S.S.R.*, n° 93, p. 9-52. [Traduction B.R.G.M., n° 4524, par M^{me} Jayet].
- PAVLOVSKY (E. V.), 1965. — Du nouveau sur la tectonique des Pyrénées. *Geotectonique*. Moscou n° 5 p. 36-70 (traduction par A. Ovracht).
- PERRIN (R.), 1954. — Sur l'existence de terrains formant barrière à la propagation du métamorphisme et de la granitisation et sur le mécanisme du métamorphisme. *C.R. Ac. Sc.*, t. 239, p. 1393.
- PERRIN (R.) et ROUBAULT (M.), 1955. — Granites à enclaves dites déplacées et naissance *in situ* de schistosités discordantes ou contournées. *Sciences de la Terre*. Nancy, n° h. sér., p. 105-115.
- PETTIJOHN (F. J.), 1957. — Sedimentary rocks. 2^e édit. New-York, Harper and Bros. 718 p.
- PETTIJOHN (F. J.), 1963. — Chemical composition of Sandstones. *Geol. Surv. prof. Pap.* 440-S.
- PHINNEY (W. C.), 1963. — Phase equilibria in the metamorphic rocks of Saint-Paul Island and Cape North Nova Scotia. *Journ. Petrol.*, vol. 4, p. 90-130.
- PITCHER (W. S.) et READ (H. H.), 1958. — The main Donegal granite. *Quart. Journ. Soc. Geol.* London, n° 454, vol. CXIV, p. 259.
- PLAS (L. VAN DER), 1959. — Petrology of the Northern Adula Region, Switzerland. *Leid. Geol. Med. deel* 24, p. 418-598.
- PRUVOST (P.), 1930. — Sédimentation et subsidence. *Livre jubilaire Soc. Géol. Fr.*, t. II, p. 545.
- PRUVOST (P.), 1951. — L'Infracambrien. *Bull. Soc. Belge Geol.*, t. LX, fasc. 1, p. 43-65.
- RAGUIN (E.), 1933. — Sur la structure de la faille de Merens (Pyrénées ariégeoises). *C.R. 66^e Congr. Soc. Savantes*, p. 184-186.
- RAGUIN (E.), 1933. — Les dislocations du massif de Quérigut — Millas dans les Pyrénées. *B.S.G.F.*, (5), t. III, p. 181-192.
- RAGUIN (E.), 1938. — Sur l'existence de leptynites dans les Pyrénées. *C.R. Somm. S.G.F.*, n° 17, p. 323-324.
- RAGUIN (E.), 1938. — Contribution à l'étude des gneiss des Pyrénées. *B.S.G.F.*, (5), t. VIII, p. 11-36.
- RAGUIN (E.), 1955. — Texture originelle et migration chimique dans la gneissification d'un poudingue pyrénéen. *Sciences de la Terre*, n° h. sér., p. 17-21, Nancy.
- RAGUIN (E.), 1957. — Géologie du granite. (2^e édition) — Paris, Masson.
- RAGUIN (E.), 1958. — Erscheinungen der siderit metasomatose. *Berg und Hüttenmännische Monatshefte*, p. 240-244. Jahr. 103.
- RAGUIN (E.), 1962. — Sur la structure en grand des massifs de gneiss des Pyrénées. *Geol. Rundschau*, Bd. 52, p. 246-250.
- RAGUIN (E.), 1964. — Les problèmes du massif de l'Aston dans les Pyrénées de l'Ariège. *B.S.G.F.*, 6, p. 69-86.
- RAMBERG (H.), 1952. — The origin of metamorphic and metasomatic rocks. The University of Chicago Press.
- RAMSAY (J. G.), 1960. — The deformation of early linear structures in areas of repeated folding. *Journ. Geol.*, vol. 68, p. 75.
- RAMSAY (J. G.), 1963. — Structure and metamorphism of the Moine and Lewisian rocks of the northwest Caledonides. In the *British Caledonides*, Edinburgh and London, Oliver and Boyd ed.
- RAST (N.), 1963. — Structure and metamorphism of the dalradian rocks of Scotland. p. 123-142, in the *British Caledonides*. Edinburgh and London, Oliver and Boyd ed.
- RICHEY (J. E.) et THOMAS (H. H.), 1930. — Geology of Ardnamurchan, north-west Mull and Coll. *Geol. Surv. Scotland Mem.*
- ROQUES (M.), 1941. — Les schistes cristallins de la partie sud-ouest du Massif Central français. *Mém. Serv. Carte Géol. France*, 1 vol., 530 p.
- ROSENBUSCH (H.) et OSANN, 1923. — Elemente der Gesteinslehre. *Schweizerbart'sche, Stuttgart*.
- ROSENQUIST (I. T.), 1942. — Om oiegneisdannelse i fiellkjeder. *Norsk. Geol. Tids.*, vol. 21, p. 165.
- SAHAMA (TH. G.), 1945. — On the chemistry of the east fennoscandian rapakiwi granites. *Suom. Geol. Seuna*, n° 18. *Bull. Comm. Geol. Finlande*, n° 136, p. 15-67.
- SAHAMA (TH. G.), 1960. — Kalsilite in the lavas of Mont-Nyiragongo (Congo). *Journ. Petrology*, vol. 1, n° 2, p. 146.

- SCHERMERHORN (L. J.), 1956. — Igneous, metamorphic and ore geology of the Castro Daire — Sao Pedro do Sul Satao region (Northern Portugal). *Comm. Serv. Geol. de Portugal*, 37, 617 p.
- SCHERMERHORN (L. J.), 1956. — The granites of Trancoso (Portugal) : a study in microlinization. *Am. Journ. Sc.*, vol. 254, p. 329-348.
- SCHREYER (W.) et YODER (H. S.), 1964. — The system Mg — cordierite — H_2O and related rocks. *N. Jb. Miner. Abh.*, 101, p. 271-342.
- SCHUILING (R.), 1960. — Le dôme gneissique de l'Agout (Tarn et Hérault). *Mém. Soc. Géol. France*, n° 91, p. 1-58.
- SCHUILING (R.), 1962. — Die petrogenetische Bedeutung der drei Modifikationen von Al_2SiO_5 . *N. Jb. Miner. Mh* 9, p. 200-214.
- SEDERHOLM (J. J.), 1899. — Über eine archaische Sedimentformation süd-westlichen Finlande. *Bull. Comm. Geol. Finlande*, n° 6, p. 108-114.
- SEDERHOLM (J. J.), 1907. — Om granit ochgneiss. *Bull. Com. Geol. Finlande*, n° 23.
- SHAW (D. M.), 1956. — Geochemistry of pelitic rocks. Part III : major elements and general geochemistry. *Bull. Geol. Soc. America.*, vol. 67, p. 919-934.
- SHIDO (F.), 1958. — Plutonic and metamorphic rocks of the Nakoso and Iritonodistricts in the central Abukuma plateau. *Journ. Fac. Sc. Univ. Tokyo.*, Sec. II, vol. 11, p. 131-217.
- SHIDO (F.) et MIYASHIRO (A.), 1959. — Hornblendes of basic metamorphic rocks. *Journ. Fac. Sc. Univ. Tokyo*, Sec. II, vol. 12, p. 85-102.
- SIMONEN (A.), 1953. — Stratigraphy and sedimentation of the Svecofennidic early archaean supracrustal rocks in Finland. *Bull. Com. Geol. Finlande*, n° 160, p. 5-61.
- SIMONEN (A.) et KOUVO (A.), 1955. — Sandstones in Finland. *Bull. Com. Geol. Finlande*, n° 168, p. 57-87.
- SITTER (L. U. DE), 1956. — Structural geology. London, McGraw Hill ed.
- SITTER (L. U. DE), 1958. — Boudins and parasitic folds in relation to cleavage and folding. *Geol. Mijnb.* D. 20, p. 277-286.
- SITTER (L. U. DE) et ZWART (H. J.), 1959. — Geological map of the paleozoic of the central Pyrenees. Sheet 3. 1/50.000. Explanatory text. *Leidse geol. med.* deel 22, p. 351-418.
- SMITHSON (S. B.), 1962. — Symetry relations in alkali feldspars of some amphibolite facies rocks from the southern norwegian precambrian. *Norsk Geol. Tidssk.* B 42 (feldspar volume), p. 586-599.
- SNELLING (N. J.), 1957. — Notes on the petrology and mineralogy of the Barrovian metamorphic zones. *Geol. Mag.* vol. 94, p. 297-304.
- SPENCER (E.), 1945. — Myrmekite in graphic granite and in vein perthite. *Min. Mag.*, vol. 27, n° 189, p. 79.
- STANTON (R. L.), 1955. — Lower paleozoic mineralization near Bathurst, New South Walles. *Econ. Geol.*, vol. 50, p. 681.
- STARKEY (J.), — 1959. Chess-board albite from New-Brunswick, Canada. *Geol. Mag.*, vol. 46, p. 141-145.
- STEWART (D. B.), 1959. — Rapakiwi granite from eastern Penobscot Bay Maine. *Cong. Geol. Intern. Mexico*, sec. XIa : petrologia, p. 293-320.
- STEWART (D. B.) et ROSEBOOM (E. H.), 1962. — Lower temperature terminations of the Three-phase region plagioclase — alkali feldspar — liquid. *Journ. Petrology*, vol. 3, p. 280-315.
- STURT (B. A.), 1962. — The composition of garnets from pelitic schists in relation to the grade of Regional metamorphism. *Journ. Petrology*, vol. 3, part. 2, p. 181-191.
- SUTTON (J.), 1963. — Some events in the evolution of the caledonides in « British Caledonides », Edinburgh and London, Oliver et Boyd, p. 249-269.
- SUTTON (J.) and WATSON (J.), 1959. — Structures in the Caledonides between loch Duich and Grenely, NW Highlands. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, vol. 114, p. 231-257.
- SUTTON (J.) and WATSON (J.), 1962. — An interpretation of Moine — Lewisian relations in central Ross-shire. *Geol. Mag.*, vol. XCIX, n° 6.
- SUZUKI (J.), 1930. — Über die staurolith-andalusit Paragenesis im Glimmergneiss von Piodina (Tessin). *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, p. 117-132.
- SYLVESTER (A. G.), 1962. — Observations on mantled potash feldspars from the Vradal granitic pluton, Telemark, Norway. *Norsk. Geol. Tidssk.* Bd. 42 (feldspars vol.), p. 600-606.

- TERMIER (P.), 1907. — Sur la nécessité d'une nouvelle interprétation de la tectonique des Alpes franco-italiennes. *B.S.G.F.*, 4^e sér., VII, p. 174-189.
- THOMPSON (J. B.), 1955. — The thermodynamic basis for the mineral facies concept. *Am. Journ. Sc.*, 253, p. 65-103.
- THOMPSON (J. B.), 1957. — The graphical analyses of mineral assemblages in pelitic schists. *Am. Miner.*, vol. 42, p. 842-858.
- THOMPSON (J. B.), 1959. — Local equilibrium in metasomatic processes. *Researches in geochemistry*, p. 427-457.
- TILLEY (C. E.), 1919. — The petrology of the granitic mass of Cape Willoughby. *Trans. Roy. Soc. Sc. Australia*, XLIII, p. 325-329.
- TILLEY (C. E.), 1927. — Vesuvianite and grossular as products of regional metamorphism. *Geol. Mag.*, vol. LXIV, n° 758, p. 372.
- TILLEY (C. E.), 1937. — The paragenesis of kyanite - amphibolites. *Min. Mag.*, vol. 25, p. 555-567.
- TILLEY (C. E.), 1948. — Earlier stages in the metamorphism of siliceous dolomites. *Min. Mag.*, vol. 28, n° 200, p. 272-276.
- TOBI (A.), 1961. — The recognition of plagioclase twins in sections normal to the composition plane. *Amer. Miner.*, vol. 46, p. 1470-1487.
- TROGER (W. E.), 1935. — Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Berlin.
- TROGER (W. E.), 1959. — Die Granatgruppe. *N. Jb. Min. Abh.* Bd 93, p. 1-44.
- TRONQUOY (M. R.), 1912. — Origine de la myrmékite. *Bull. Soc. Franç. Minér. Crist.*, t. XXXV, p. 214-223.
- TURNER (F. J.) et VERHOOGEN (J.), 1960. — Igneous and metamorphic petrology. (2^e édition). New-York, McGraw Hill ed.
- TURNOCK (A. C.) et EUGSTER (H. P.), 1958. — Iron rich chlorites. *Carnegie Inst. Wash. Ann. Rep. Geophys. Lab.* (1957-1958), vol. 57, p. 191.
- TUTTLE (O. F.), 1952. — Origin of the contrasting Mineralogy of extrusive and plutonic silic rocks. *Journ. Geol.*, 60, n° 2, p. 107-124.
- URUNO (K.) et KANISAWA (S.), 1965. — Staurolite bearing rocks in the Abukuma metamorphic belt, Japan. *Earth Science, J. Ass. Geol. Coll. Japan*, vol. 81, 1-12.
- VANCE (J. A.), 1961. — Polysynthetic twinning in plagioclase. *Amer. Miner.*, vol. 46, p. 1097-1119.
- VELDE (B.), 1963-1964. — Dioctahedral micas and related mineral groups. *Carnegie Inst. Washington year book 1963*. Geophysical Laboratory, n° 1440.
- VENING-MEINESZ (F. A.), 1955. — Plastic Bukling of the Earth crust : the origine of geosynclines. *Geol. Soc. America*. Spécial paper 52, p. 319-330.
- VOGT (T.), 1927. — Geology and petrology of the Sulitjelma district. *Norg. Geol. Undersökelse*, n° 121.
- VUAGNAT (M.), 1946. — Sur quelques diabases suisses. Contribution à l'étude du problème des spilites et des pillow-lavas. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, vol. 26, p. 116-228.
- WALLACE (S. R.), 1956. — Petrogenetic significance of some feldspars from the Judith Mountains, Montana. *Journ. Geol.*, vol. 64, p. 369.
- WAGER (L. R.) et DEER (W. A.), 1939. — The petrology of the Skaergaard intrusion, East Greenland. *Meddel om Grönland*, vol. CV, p. 1-352.
- WATERS (W. A.), 1959. — An association of hornblende and cummingtonite from Ringaringa, Steward Island, New-Zealand. *New-Zealand Journ. Geol. Geophy.*, vol. 2, n° 1, p. 248-256.
- WEAVER (C. E.), 1960. — Possible uses of clay minerals in the search for oil. *Clays and Clay mineral*, 8 th nat. Conf., 1958, p. 214-227.
- WEGMANN (C. E.), 1935. — Zur Deutung der Migmatite. *Geol. Rundschau*, 26, p. 305 (traduction M. Lelubre).
- WEGMANN (C. E.), 1947. — Note sur quelques problèmes de la tectonique superposée. *C.R. Soc. Geol. de Finlande*, XX, p. 223-238.
- WEISS (L. E.), 1959. — Geometry of superimposed folding. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 70, p. 91-106.
- WENK (E.), 1958. — Über Diskontinuitäten in Plagioklasserien metamorphen Ursprungs. *Schweitz. Min. Petro. Mittel*. 38, p. 494-498.
- WENK (E.), 1962. — Plagioklas als Index mineral in den Zentralalpen. Die Peragenese Calcit-Plagioklas. *Schweitz. Min. Petr. Mitt.*, Bd 42, p. 139-152 [traduction B.R.G.M., n° 4422, M. Fontailles].

- WICKOFF (D.), 1952. — Metamorphic facies in the Wissahickon schist near Philadelphia. Pennsylvania. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 63, p. 25-58.
- WILSON (G.), 1961. — The tectonic significance of small scale structures and their importance to the geologist in the field. *Bull. Soc. Geol. Belgique*, t. 84, n° 9, p. 423-548.
- WINKLER (H. G. F.), 1957. — Experimental gesteinsmetamorphe I. *Geoch. Cosm. Acta*, 13, p. 42-69.
- WINKLER (H.G.F.), 1965. — Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer.
- WISEMAN (J. D. H.), 1934. — The central and south-west Highland epidiorite : a study in progressive metamorphism. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, vol. 90, p. 354-417.
- WYART (J.), 1955. — Cristallisation par voie hydrothermale d'un verre naturel et origine du granite. *Sciences de la Terre*, n° h.-sér.; Nancy, p. 177-187.
- WYART (J.) et SABATIER (G.), 1956. — Mobilité des ions alcalins et alcalino-terreux dans les feldspaths. *Bull. Soc. Franc. Minér. Crist.*, vol. 79, p. 444-448.
- WYART (J.) et SABATIER (G.), 1956. — Transformations mutuelles des feldspaths alcalins. Reproduction du microline et de l'albite. *Bull. Soc. Franç. Minér. Crist.*, vol. 79, p. 574-581.
- WYART (J.) et SABATIER (G.), 1958. — Mobilité des ions silicium et aluminium dans les cristaux de feldspath. *Bull. Soc. Franç. Minér. Crist.*, vol. 81, p. 223-226.
- WYART (J.) et SABATIER (G.), 1959. — Nouvelles observations sur la mobilité des ions silicium et aluminium dans les cristaux de feldspath. *Bull. Soc. Franç. Minér. Crist.*, vol. 82, p. 216.
- WYART (J.) et SABATIER (G.), 1960. — Sur la mobilité des ions Si et Al dans les feldspaths en présence d'eau. *Bull. Soc. Franç. Minér. Crist.*, vol. 83, p. 141.
- YODER (H. S.), 1959. — Experimental studies on micas : a synthesis. *Proc. Sixth Natl. Conf. Clays and Clays minerals*, p. 42-60.
- YODER (H. S.) et TILLEY (C. E.), 1962. — Origin of basalt magmas : an experimental study of natural and synthetic rocks systems. *Journ. Petrol.* vol. 3, p. 342-532.
- ZANDVLIET (J.), 1960. — The geology of the Upper Salat and Pallaresa Valleys, Central Pyrenees. *Leidse Geol. Meded.* D. 25, p. 1-127.
- ZWART (H. J.), 1954. — La géologie du massif du Saint-Barthélémy (Pyrénées, France). *Leidse Geol. Meddel.*, Leyden, vol. 18, p. 1-228.
- ZWART (H. J.), 1958. — La faille de Merens dans les Pyrénées ariégeoises. *B.S.G.F.*, 6^e sér., t. VIII, p. 793-796.
- ZWART (H. J.), 1959. — On the occurrence of chloritoïd in the Pyrenees. *Geol. Mijnbouw*, 21, p. 119-122.
- ZWART (H. J.), 1960. — Relations between folding and metamorphism in the Central Pyrenees and their chronological succession. *Geol. Mijnb.* D. 22, p. 163-180.
- ZWART (H. J.), 1962. — On the determination of polymetamorphic mineral associations and its application to the Bosost area (Central Pyrenees). *Geol. Rundschau*, Bd. 52, p. 38-65.
- ZWART (H. J.), 1963. — The structural evolution of the Paleozoic of the Pyrenees. *Geol. Rundschau*, Bd. 53, p. 170-205.

Table des illustrations

FIGURES

	Pages
1. Carte de situation des massifs du Canigou et de la Carança dans le domaine du métamorphisme hercynien des Pyrénées orientales	12
2. Nomenclature des régions naturelles et principales unités géologiques des massifs du Canigou et de la Carança	13
3. Coupes à travers les massifs du Canigou et de la Carança (échelle 1/50 000)	14
4. Essai de reconstitution stratigraphique de la série de Canaveilles dans le synclinal du Vallespir et le secteur de Batère	16
5. Coupes montrant les relations entre les gneiss du Canigou et l'enveloppe paléozoïque (série de Canaveilles)	18
6. Coupes dans la zone profonde du Canigou	21
7. Alternances des formations de nature pélitique et non pélitique dans le massif du Canigou	22
8. Diverses valeurs des paramètres de Niggli en fonction du paramètre <i>Si</i> , afin de comparer la composition des métapelites du Canigou aux données rassemblées par Leake (1958)	28
9. Composition comparée de divers micaschistes du Canigou	28
10. Domaine de composition des biotites des micaschistes du Canigou	35
11. Diagramme <i>Ti-Si</i> pour diverses biotites métamorphiques	36
12. Diagramme $CaO + Na_2O$ pour diverses biotites métamorphiques	37
13. Degré de substitution de type « phengite » dans les muscovites des micaschistes du Canigou; comparaison avec des muscovites du métamorphisme dauphinois	39
14. Classification chimique des chlorites des micaschistes et chlorito-schistes du Canigou	41
15. Séparation des orthochlorites et des leptochlorites à l'aide du diagramme de Miyashiro (1957)	42
16. Composition des grenats de micaschistes en fonction de l'intensité du métamorphisme	43
17. Structure thermique du massif du Canigou et de la Carança	50
18. Zone de la cordiérite. Associations du subfaciès cordiérite — chlorite — almandin	52
19. Zone de la cordiérite. Association de divers subfaciès pour lesquels l'association cordiérite — staurotide — biotite est stable	54
20. Zone de la cordiérite. Associations de divers subfaciès pour lesquels l'association cordiérite — grenat est stable en présence de muscovite	55
21. Zone de l'andalousite. Associations du subfaciès andalousite — cordiérite — staurotide — chlorite	56
22. Zone de l'andalousite. Associations du subfaciès andalousite — cordiérite — staurotide — almandin	57
23. Aspect micrographique de deux réactions remarquables dans la zone de l'andalousite	58
24. Zone de l'andalousite. Associations du subfaciès andalousite — cordiérite — almandin — biotite	58
25. Diagramme schématique illustrant les relations entre l'andalousite et la sillimanite dans les micaschistes et gneiss de composition pélitique	60
26. Zone de la sillimanite. Associations du subfaciès sillimanite — cordiérite — almandin — muscovite	61

	Pages
27. Aspects micrographiques de quelques réactions remarquables dans la zone de l'andalousite et dans la zone de la sillimanite.....	62
28. Diverses suites de subfaciès possibles dans les micaschistes du massif du Canigou et de la Carança.....	65
29. Relations de stabilité hypothétiques entre le chloritoïde, l'almandin et la staurotide sur le diagramme température-pression d'eau.....	68
30. Représentation schématique des conditions P-T de formation de l'almandin ($MnO < 10\%$), dans divers types de métamorphisme.....	68
31. Effet possible des variations de la pression d'eau sur la courbe d'équilibre de l'association staurotide-quartz....	70
32. Explication du second subfaciès cordiérite — chlorite — almandin dans l'hypothèse où la courbe $PH_2O - T$ recoupe successivement à température croissante la courbe d'équilibre de la réaction 7 en deux points.....	71
33. Influence de la teneur en Na_2O d'un micaschiste sur les associations à staurotide et almandin et sur la composition de l'almandin.....	73
34. Situation des principaux affleurements d'amphibolites et de gneiss amphiboliques dans les massifs du Canigou et de la Carança.....	77
35-36. Classification chimique des hornblendes des amphibolites du Canigou.....	82
37. Composition de quelques plagioclases zonés dans les amphibolites du Canigou estimés en pourcentage d'anorthite	84
38. Diagramme $K - Mg - Fe$ montrant l'influence de la présence du feldspath potassique sur la composition du grenat d'une amphibolite.....	92
39. Formation du grenat dans les amphibolites en fonction du type de métamorphisme (influence de la pression)...	93
40. Ancienne structure amygdalaire relique dans l'orthoamphibolite de Leca.....	95
41. Position des orthoamphibolites du Canigou sur le diagramme de Wager et Deer.....	96
42. Relations micrographiques entre le grenat, la hornblende et le plagioclase dans l'amphibolite à grenat des gorges de Cadi.....	98
43 a et b. Associations des marbres dolomitiques dans la zone de la trémolite.....	105
44. Associations des gneiss à silicates calciques et des marbres calciques dans la zone de la trémolite.....	105
45. Subfaciès de la zone du diopside dans les marbres dolomitiques.....	107
46. Association talc — dolomie — calcite dans les dolomies métamorphiques de la zone du diopside (pic de Bassibès, massif de Carança).....	108
47. Aspect micrographique de la réaction d'incompatibilité R 15.....	110
48, 49, 50. Subfaciès dans les roches calco-magnésiennes avec excès de SiO_2 dans les zones du diopside et de la forstérite.....	110
51. Subfaciès des marbres dolomitiques de la zone de la forstérite.....	111
52. Reliques blindées de chondrodite et de spinelle dans le clinoclure des dolomies métamorphiques de Py.....	113
53. Divers subfaciès dans les dolomies siliceuses métamorphiques des massifs du Canigou et de la Carança exprimés à l'aide de diagrammes $SiO_2 - CaO - MgO$	114
54. Relations micrographiques entre la wollastonite et le grossulaire dans un marbre à wollastonite de Py.....	115
55. Principaux affleurements de « gneiss granulés » dans l'enveloppe paléozoïque des massifs du Canigou et de la Carança.....	121
56. Affleurement de « gneiss granulés » dans la coupe du Serrat à Taurinya (d'après Guitard et Pellissonier, 1962).	121
57. Coupe dans les « gneiss granulés » du Vallespir, entre le village du Tech et Prats-de-Mollo, au lieu-dit La Sitja.	122
58. Teneur en anorthite et valeur de l'angle $2V$ dans les albites des « gneiss granulés ».....	123
59. Comparaison de la composition chimique de quelques « gneiss granulés » et d'albitophyres à l'aide du diagramme de Wager et Deer.....	127
60. Composition chimique des « gneiss granulés » reportée sur le diagramme $Si - Na + K + Ca - Fe + Mg$..	127
61. Divers exemples de cristaux de quartz présentant des « golfes de corrosion » dans les porphyroïdes de la région d'Olette.....	129

62. Distinction entre les paragneiss et les orthogneiss basée sur la composition chimique, dans les gneiss acides leucocrates et les porphyroïdes de l'enveloppe paléozoïque.....	130
63. Comparaison entre la teneur en alcalin (pourcentage en poids) dans les paragneiss et dans les orthogneiss acides ($SiO_2 > 70$ % en poids).....	134
64. Coupe sur le versant nord du Canigou entre Vernet-les-Bains et Ballestavy, orientée N 68° E.....	136
65. Coupe sur le versant est du Canigou entre Vernet-les-Bains et Batère orientée N 103° E.....	136
66. Coupe sur les versants nord et sud du Canigou entre Fillols et le Tech, orientée N 153° E.....	136
67. Répartition des divers groupes de gneiss non pélitiques distingués dans les massifs du Canigou et de la Carança, ainsi que des septa de micaschistes intercalés dans les gneiss.....	136
68 et 69. Coupes dans la formation des gneiss de la Preste, dans le Haut Vallespir.....	138
70. Relations entre l'enveloppe paléozoïque et les gneiss de la Carança sur le versant sud du massif de la Carança.....	144
71. Relations entre l'enveloppe paléozoïque et les gneiss du Canigou dans le Haut Vallespir.....	145
72. Relations entre l'enveloppe paléozoïque et les gneiss du Canigou sur les versants nord des massifs du Canigou et de la Carança.....	146
73. Relations entre les gneiss du Canigou et les micaschistes de Balatg.....	147
74. Relation entre la valeur de l'angle $2V$ et celle de l'angle δ dans les feldspaths potassiques I.....	152
75. Histogramme montrant la variation et la fréquence des valeurs de l'angle $2V$ dans les feldspaths potassiques I.....	152
76. Aspects caractéristiques du diffractogramme pour diverses variétés de feldspaths potassiques.....	153
77. Histogramme montrant la variation et la fréquence de la valeur de l'indice de triclinisme Δ dans les feldspaths potassiques I des gneiss du Canigou.....	154
78. Relation entre l'indice de triclinisme Δ et l'angle d'extinction $n/p \wedge (010)$ mesuré sur les lamelles de clivage (001), dans les feldspaths potassiques I des gneiss du Canigou.....	154
79. Composition de la phase « feldspath potassique » de perthites d'exsolution pour diverses conditions d'équilibre (d'après Goldsmith et Laves, 1961).....	156
80. Histogramme montrant les variations de l'angle $2V$ dans le microcline II mésosasiatique des gneiss ceillés.....	158
81. Relation entre la teneur en anorthite des plagioclases et la valeur de l'angle $2V$ dans les gneiss G_1 et G_2	160
82. Classification des biotites des gneiss du Canigou, d'après leurs caractères chimiques.....	170
83. Composition chimique des gneiss du Canigou reportée sur le diagramme $Si - Na + K + Ca - Fe + Mg$	188
84. Comparaison de la composition chimique des biotites de granites à biotites et des biotites des micaschistes mézosonaux (d'après Guitard, 1963).....	195
85. Compositions chimiques comparées des biotites des orthogneiss ceillés et des micaschistes du Canigou.....	196
86. Compositions chimiques des granitoïdes des chaînes plissées reportées sur le diagramme $Si - Na + K + Ca - Fe + Mg$	198
87. Compositions chimiques des orthogneiss G_2 , des ortholeptynites qu'ils renferment, et des gneiss G_3 , reportées sur le diagramme $Si - Na + K + Ca - Fe + Mg$	199
88. Compositions chimiques des gneiss G_1 reportées sur le diagramme $Si - Na + K + Ca - Fe + Mg$	201
89. Distinction des paragneiss G_1	202
90. Distinction entre paragneiss et orthogneiss dans les gneiss G_1	207
91. Valeur de l'angle $2V$ dans les microclines des gneiss de Casemi (orthogneiss leucocrates).....	211
92. Compositions chimiques des gneiss de Casemi reportées sur le diagramme $Si - Na + K + Ca - Fe + Mg$	212
93. Compositions chimiques des leptynites interstratifiées dans les micaschistes de Balatg reportées sur le diagramme $Si - Na + K + Ca - Fe + Mg$	215
94. Divers exemples de déformations synschisteuses dans l'Ordovicien.....	221
95. Divers exemples de déformations synschisteuses dans les micaschistes de la mésozone.....	223

96. Orientation des divers éléments tectoniques du conglomérat de Saillagouse	224
97. Pli antéschisteux dans les micaschistes de l'enveloppe, route de Vinça à Ballestavy.....	225
98. Texture macroscopique des gneiss ceillés (explications dans le texte).....	225
99. Exemples de discordances entre la schistosité S_1 et des bancs de nature non gneissique dans les orthogneiss du Canigou.....	226
100. Exemples de plis précoces dans les gneiss du massif du Canigou et de la Carança.....	227
101. Schéma d'un pli antéschisteux repris par un pli synschisteux dans un gneiss	228
102. Relations entre les directions axiales des plis synschisteux et l'orientation des directions principales de l'ellipsoïde des déformations.....	231
103. Carte des linéations et des directions de petits plis dans les massifs du Canigou et de la Carança.....	231
104. Diagrammes montrant les orientations l_1, p_1 mesurées dans les gneiss.....	232
105. Diagramme de contours montrant l'orientation de l'ensemble des linéations l_1 et des axes de plis p_1 mesurés dans les gneiss des massifs du Canigou et de la Carança.....	233
106. Diagramme de contours montrant l'orientation des plis p_1 et des linéations l_1 dans l'enveloppe paléozoïque du massif de la Carança.....	233
107. Orientation des axes de plis p_1 et des directions de linéations l_1 dans les micaschistes du synclinal du Vallespir, dans le secteur de Prats-de-Mollo.....	233
108. <i>a.</i> Diagramme de contours montrant la dispersion des orientations l_1 dans le paléozoïque inférieur du synclinal de Villefranche (versant Carança); <i>b.</i> Diagramme de contours montrant la dispersion des orientations l_1 mesurées dans la partie supérieure (Ordovicien) du synclinal de Villefranche.....	234
109. <i>a.</i> Diagramme de contours montrant l'orientation des plans de schistosité S_1 dans le paléozoïque inférieur du synclinal de Villefranche; <i>b. Idem</i> , mais seule est représentée l'orientation des plans S_1 dans les schistes de la partie supérieure de l'enveloppe.....	234
110. Diagramme de contours montrant l'orientation des linéations l_1 de la base de l'enveloppe paléozoïque dans le secteur d'Olette-Canaveilles.....	235
111. Représentation d'un pli non cylindrique (<i>a</i>) et d'un pli cylindrique (<i>b</i>).....	235
112. Dispersion des linéations l_1 dans une « ceinture » de la projection, alors que l'orientation des plans de schistosité S_1 est peu variable.....	236
113. Influence des plis antéschisteux sur l'orientation des axes des plis synschisteux et des linéations l_1	236
114. Orientation des linéations l_1 dans les micaschistes de Balatg.....	237
115. Divers exemples de plis postschisteux dans les micaschistes de l'enveloppe paléozoïque.....	239
116. Transposition de la schistosité S_1 en schistosité S_2	240
117. Reconstitution de l'axe d'un pli postschisteux très ouvert dans les gneiss G_2 du Canigou (vallée de la Parcigoule, la Mouline).....	240
118. Divers exemples de plis postschisteux dans les gneiss et les migmatites du Canigou.....	241
119. Orientation des plis postschisteux du système NW-SE et des linéations l_2 correspondantes dans l'enveloppe paléozoïque du massif de la Carança.....	243
120. Diagramme de contours de la figure 121.....	243
121. Orientation des plans axiaux postschisteux NW-SE dans l'enveloppe paléozoïque du massif de la Carança...	243
122. Diagramme synthétique construit à partir des résultats des mesures reportés sur les figures 119, 120 et 121.	243
123. Orientation des axes de plis postschisteux du système SW-NE et des linéations l_2 correspondantes dans l'enveloppe paléozoïque de la base du synclinal de Villefranche.....	233
124. Orientation des plans axiaux de plis postschisteux SW-NE de l'enveloppe paléozoïque du massif de la Carança, dans la base du synclinal de Villefranche.....	233
125. Orientation des axes postschisteux et des linéations correspondantes dans l'enveloppe paléozoïque du Vallespir (secteur de Batère-Corsavy et synclinal du Vallespir).....	245

126. Diagramme de contours de la figure 125.....	245
127. Orientation des axes des plis postschisteux et des linéations l_2 correspondantes dans l'enveloppe paléozoïque du secteur de Batère-Velmana-Corsavy.....	245
128. Diagramme de contours de la figure 127.....	245
129. Plis postschisteux dans les migmatites d'injection de la zone profonde du Canigou et du synclinal de Thuès-Fontpédrouse.....	245
130. Diagramme de contours des plans S_1 mesurés dans les gneiss du massif de la Carança.....	249
131. Diagramme de contours des plans S_1 mesurés dans l'enveloppe paléozoïque du massif de la Carança.....	249
132. Construction du plan axial et de l'axe du brachyantoclinal de Carança.....	250
133. Construction du plan axial et de l'axe du brachyantoclinal de Carança à partir de mesures de plan S_1 de l'enveloppe paléozoïque.....	250
134. Diagramme de contours des plans S_1 mesurés dans le massif de la Carança.....	250
135. Même diagramme de contours que la figure 134 après pondération du nombre de plans S_1 mesurés sur le flanc sud du massif de Carança.....	250
136. Construction du plan axial et de l'axe du brachyantoclinal de Carança.....	250
137. Orientations des schistosités S_1 dans les massifs du Canigou et de la Carança.....	251
138. Diagramme de contours des plans S_1 mesurés dans les gneiss du massif du Canigou.....	253
139. Diagramme de contours des plans S_1 mesurés dans les gneiss du Canigou (même figure que 138, après pondération des mesures correspondant aux versants nord et est du Canigou).....	253
140. Diagramme de contours des plans S_1 mesurés dans les gneiss du versant oriental du Canigou et dans l'enveloppe attenante.....	253
141. Représentation géométrique de la mégastructure des gneiss du Canigou, déduite des diagrammes de contours de plans S_1	253
142. Diagramme de contours des plans S_1 mesurés dans les terrains de la fenêtre de Balatg.....	253
143. Projection des plans S_1 mesurés dans la fenêtre de Balatg à la cote 1 500.....	253
144. Mode de formation possible des septa subverticaux de micaschistes dans les gneiss du Cadi.....	254
145. Sens de déversement des plis p_2 liés à la phase principale de plissements post-schisteux (WNW-ESE) dans l'enveloppe paléozoïque, sur les flancs nord et sud du massif de Carança.....	254
146. Coupes dans le « synclinal de Py » : <i>a.</i> Dans le ravin de Marquirol, au sud de Sahorre, et par la crête de Mattes Rouges; <i>b.</i> A l'est de Py, à travers les vallons de Bareu, de Tounet et de Marquirol.....	256
147. Coupe du massif du Canigou entre Sahorre au Nord et Saint-Sauveur au Sud, par le Pla Guillem.....	256
148. Coupes schématiques à travers les gneiss du Roc de France, d'après Autran et Guitard : <i>a.</i> A l'Est d'Amélieles-Bains; <i>b.</i> Dans le secteur de las Illas.....	262
149. Coupes à travers la zone synclinale de Thuès-Fontpédrouse : <i>a.</i> Coupe sur le flanc nord du Cambras d'Aze, en Cerdagne; <i>b.</i> Coupe dans la vallée de la Têt, entre Fontpédrouse et Thuès (Pla del Baret); <i>c.</i> Coupe à Thuès, à l'Est des gorges de la Carança; <i>d.</i> Coupe dans la région de Nyers, par le pic de Cimsbells.....	264
150. Orientation des plans de schistosité S_1 dans la zone non mylonitique du synclinal de Thuès-Fontpédrouse, incluant des mesures dans les micaschistes et dans les gneiss du flanc oriental du synclinal : <i>a.</i> Projection de 182 pôles de plans S_1 ; <i>b.</i> Diagrammes de contours correspondant.....	265
151. Coupe dans le synclinal du Vallespir par la Tour de Cos, entre Arles et Prats-de-Mollo.....	266
152. Orientation des plans de schistosité S_M dans la zone mylonitique du synclinal de Thuès-Fontpédrouse : <i>a.</i> Projection de 100 pôles de plans; <i>b.</i> Diagramme de contours correspondant.....	266
153. Orientation des linéations dans la zone synclinale de Thuès-Fontpédrouse.....	266
154. Orientation des linéations et axes de plis dans la zone synclinale de Thuès-Fontpédrouse.....	267
155. Linéations dans la zone mylonitique de Thuès-Fontpédrouse.....	267

156. Coupes dans la zone synclinale de Serrabonne : <i>a.</i> Coupe au Sud de Taurinya; <i>b.</i> Coupe à l'Est de Clara, par l'ermitage de Saint-Étienne et le pic de Pradells.....	268
157. Trois coupes dans le synclinal de la Coume : <i>a.</i> Coupe au col de la Gallina, à l'Ouest de Ballestavy; <i>b.</i> Détail des synclinaux de marbre au Sud de Ballestavy, au gîte de sidérite de Mas Morer; <i>c.</i> Coupe par Ballestavy..	269
158. Coupe dans le synclinal de Ballestavy-Velmana, immédiatement à l'Est de Velmana.....	270
159. Dysharmonie de plissement entre le socle gneissique et l'enveloppe paléozoïque : <i>a.</i> Gneiss du socle; <i>b.</i> Marbres de la série de Canaveilles; <i>c.</i> Surfaces axiales (schistosité S_1).....	270
160. Trois coupes dans le bassin ferrifère d'Escarro-Fillols : <i>a.</i> Entre Fillols et Vernet; <i>b.</i> Entre Vernet et Sahorre (d'après H. Péliissonnier); <i>c.</i> Entre Torrent et Escarro.....	271
161. Schéma du « buckling » dans le cas d'une déformation dissymétrique avec formation de nappes de socle dans la boucle.....	273
162. <i>a.</i> Composition normative des leptites de Finlande sur le diagramme orthose-albite; <i>b.</i> Comparaison sur le même diagramme des compositions normatives de gneiss G_1 et G_3 , d'origine non granitique.....	283
163. Reconstitution du socle antécambrien du Canigou.....	284
164. Courbe température-profondeur, dans le cas d'une série métamorphique comportant une enveloppe pélitique au sommet et un socle granitique à la base.....	287
165. Coupes verticales montrant les rapports entre la position des isogrades T_1 , T_2 et T_3 et la position de la limite socle-couverture.....	288
166. Disposition des principaux isogrades mésozonaux par rapport aux limites litho-stratigraphiques dans le Canigou (schématique) : <i>a.</i> Gneiss du Canigou; <i>b.</i> Gneiss du Cadi; <i>c.</i> Enveloppe paléozoïque; <i>d.</i> Micaschistes de Balatg.....	288
167. Effet de la nappe des gneiss du Canigou sur la distribution des isogrades.....	290

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

(hors-texte)

PLANCHE EN Pochette

PLANCHE 1. — Carte géologique des massifs du Canigou et de la Carança.

Table des matières

	Pages
INTRODUCTION.....	5

PREMIÈRE PARTIE

Vue d'ensemble sur la série métamorphique du Canigou

CHAPITRE PREMIER. — LA SÉRIE MÉTAMORPHIQUE DU MASSIF DU CANIGOU ET DE LA CARANÇA

I. GÉNÉRALITÉS.....	11
II. LES PRINCIPALES UNITÉS STRATIGRAPHIQUES, LITHOLOGIQUES ET TECTONIQUES DE LA SÉRIE MÉTAMORPHIQUE....	14
1. L'enveloppe paléozoïque.....	15
2. Les gneiss du Canigou et de la Carança.....	17
3. Les micaschistes de Balatg.....	19
4. Les gneiss du Cadi.....	20

2^e PARTIE

Le métamorphisme progressif : définition des faciès (ou subfaciès) minéralogiques et des types de métamorphisme

INTRODUCTION.....	25
-------------------	----

CHAPITRE II. — MÉTAMORPHISME PROGRESSIF DES MICASCHISTES ET DES GNEISS DE NATURE PÉLITIQUE

I. INTRODUCTION.....	27
II. COMPOSITION CHIMIQUE DES MICASCHISTES ET DES GNEISS PÉLITIQUES.....	28
III. COMPOSITION CHIMIQUE DES CHLORITOSCHISTES.....	32
IV. DONNÉES SUR LES MINÉRAUX DES MICASCHISTES ET DES GNEISS PÉLITIQUES :	
1. La biotite.....	33
2. La muscovite.....	37
3. Les chlorites.....	40
4. Le grenat.....	42
5. Andalousite, cordiérite, staurotide.....	44
6. Le plagioclase.....	45
7. Les minéraux accessoires.....	45

	Pages
V. MÉTHODE D'ÉTUDE DES ASSOCIATIONS MINÉRALES DES MICASCHISTES.....	46
VI. ZONES ET SUBFACIÈS MINÉRALOGIQUES DES MICASCHISTES.	
Description des subfaciès :	
1. Subfaciès de la zone de la chlorite.....	49
2. Subfaciès de la zone de la biotite.....	51
3. Subfaciès de la zone de la cordiérite et de l'andalousite :	
<i>a.</i> Subfaciès cordiérite-chlorite-almandin.....	52
<i>b.</i> Subfaciès cordiérite-staurotide.....	53
<i>c.</i> Subfaciès cordiérite-almandin.....	54
<i>d.</i> Subfaciès andalousite-cordiérite-chlorite-staurotide.....	55
<i>e.</i> Subfaciès andalousite-cordiérite-staurotide.....	56
<i>f.</i> Subfaciès andalousite-cordiérite-almandin.....	57
4. Subfaciès de la zone de la sillimanite :	
<i>a.</i> Particularités de la zone et de l'isograde de la sillimanite.....	59
<i>b.</i> Subfaciès sillimanite-muscovite-cordiérite.....	59
<i>c.</i> Subfaciès sillimanite-microcline-cordiérite.....	61
VII. MÉTASOMATOSE POTASSIQUE DANS LA ZONE DE LA SILLIMANITE.....	62
VIII. SUITES DE SUBFACIÈS ET TYPES DE MÉTAMORPHISME.....	64
IX. INFLUENCE DES VARIATIONS DE LA PRESSION DE L'EAU.....	69
X. SIGNIFICATION DES ASSOCIATIONS EN DÉSÉQUILIBRE OU EN DÉSÉQUILIBRE APPARENT :	
1. Influence des isogradés.....	71
2. Influence de la composition.....	73
XI. CONCLUSION À L'ÉTUDE DES MICASCHISTES ET DES GNEISS PÉTITIQUES.....	74
 CHAPITRE III — MÉTAMORPHISME DES ROCHES BASIQUES : AMPHIBOLITES ET GNEISS AMPHIBOLITIQUES 	
I. INTRODUCTION.....	75
II. COMPOSITION CHIMIQUE DES AMPHIBOLITES ET DES GNEISS AMPHIBOLITIQUES.....	77
III. COMPOSITION DES AMPHIBOLES, DES PLAGIOCLASES ET DU GRENAT :	
1. Composition chimique des hornblendes.....	80
2. Composition du plagioclase.....	83
3. Composition du grenat.....	84
IV. LES ASSOCIATIONS MINÉRALES DES AMPHIBOLITES ET DES GNEISS AMPHIBOLIQUES.....	85
V. MÉTAMORPHISME PROGRESSIF DES ROCHES BASIQUES. SON UTILISATION POUR LA DÉFINITION DU TYPE DE MÉTAMORPHISME :	
1. Résumé des travaux sur l'évolution minéralogique des roches basiques au cours du métamorphisme progressif de diverses séries métamorphiques.....	87
2. Métamorphisme progressif des roches basiques dans le massif du Canigou : type de métamorphisme d'après l'étude des amphibolites :	
<i>a.</i> Coloration des amphiboles.....	89
<i>b.</i> Teneur en alcalins des amphiboles.....	89
<i>c.</i> Cas particulier des amphibolites à grenat.....	92
<i>d.</i> Remarque sur le contenu en manganèse des hornblendes.....	95

3. Remarques sur l'origine des amphibolites du Canigou.....	95
Cas particulier des gneiss à hornblende hastingsitique.....	96
Possibilité d'une origine écolitique pour certaines amphibolites à grenat du Canigou.....	98

CHAPITRE IV. — MÉTAMORPHISME PROGRESSIF DES ROCHES CALCIQUES

LES MARBRES ET LES GNEISS À SILICATES CALCIQUES :

1. Généralités.....	101
2. Composition chimique.....	103
3. Paragenèse et subfaciès minéralogiques :	
a. Zone de la trémolite.....	104
b. Zone du diopside.....	106
c. Zone de la forstérite.....	111
d. Zone de la wollastonite.....	115
e. Quartzites à silicates calciques.....	116

3^e PARTIE

Les gneiss œillés et autres gneiss d'origine non pétitique

INTRODUCTION.....	118
-------------------	-----

CHAPITRE V. — LES GNEISS INTERCALÉS DANS LES MICASCHISTES DE L'ENVELOPPE PALÉOZOÏQUE : GNEISS GRANULÉS, PORPHYROÏDES ET GNEISS LEPTYNITIQUES LEUCOCRATES

I. LES GNEISS GRANULÉS ET ROCHES CONNEXES :	
1. Divers types de gneiss granulés et conditions de gisement.....	120
2. Description pétrographique et composition chimique.....	122
3. Origine des gneiss granulés.....	12
II. PORPHYROÏDES :	
1. Les anciens phénocristaux.....	129
2. La mésostase.....	129
3. Composition chimique et origine des porphyroïdes.....	130
III. GNEISS LEPTYNITIQUES LEUCOCRATES.....	134

CHAPITRE VI. — DESCRIPTION DE LA FORMATION DES GNEISS ŒILLÉS DU CANIGOU ET DE LA CARANÇA

I. DISPOSITION GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE DE LA FORMATION ET DESCRIPTION DES PRINCIPAUX ENSEMBLES SUR LE TERRAIN :	
1. Puissance de la formation.....	135
2. Constitution lithologique d'ensemble.....	136
3. Groupe des gneiss G ₁	137
4. Groupe des gneiss G ₂	141
5. Groupe des gneiss G ₃	141
6. Les intercalations de micaschistes.....	142
7. Relations entre les gneiss du Canigou et les terrains encaissants du toit et du plancher.....	143

II. DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUE DES GNEISS DU CANIGOU :	
1. Description micrographique d'ensemble.....	148
2. Description minéralogique et pétrographique systématique :	
Les feldspaths :	
<i>a.</i> Les feldspaths potassiques.....	150
<i>b.</i> Les plagioclases.....	160
Le quartz.....	163
Phénomènes blastiques et réactionnels dans les assemblages quartzo-feldspathiques.....	165
Les minéraux phylliteux.....	168
Les minéraux accessoires ou secondaires.....	172
III. CARACTÈRES MICROGRAPHIQUES ET CHIMIQUES DISTINCTIFS DES DIVERS GROUPES DE GNEISS :	
1. Gneiss du groupe G_2	172
2. Gneiss du groupe G_1 type La Preste.....	175
3. Gneiss du groupe G_1 type Carança.....	175
4. Gneiss du groupe G_3	181
5. Les enclaves sombres (mésocrates) dans les gneiss G_2 et G_3	184
6. Remarques sur la pétrographie des gneiss homogènes et leptynitiques.....	185
7. Remarques sur la composition chimique des gneiss du Canigou.....	187
8. Remarques sur la composition chimique des gneiss du Cadi.....	188

CHAPITRE VII. — LE PROBLÈME DE LA NATURE ET DE L'ORIGINE DES GNEISS DU CANIGOU

I. INTRODUCTION.....	189
II. CRITIQUE DE L'HYPOTHÈSE MÉTASOMATIQUE DE L'ORIGINE DES GNEISS CÉILLÉS DU CANIGOU.....	190
III. NATURE DES GNEISS CÉILLÉS DU CANIGOU :	
1. Remarque générale sur l'origine des yeux feldspathiques dans l'ensemble de la formation gneissique.....	193
2. Nature orthogneissique des gneiss G_2 . Leur origine à partir d'anciens granites à structure « rapakiwi ». Nature orthogneissique et paragneissique des gneiss G_3	194
3. Nature et origine des gneiss du groupe G_1 :	
<i>a.</i> Orthogneiss du groupe G_1	200
<i>b.</i> Paragneiss du groupe G_1	204
IV. REMARQUES GÉNÉRALES SUR LE PROBLÈME DE LA NATURE ET DE L'ORIGINE DES GNEISS DU CANIGOU.....	208

CHAPITRE VIII. — LES GNEISS DE CASEMI ET AUTRES GNEISS INTERCALÉS DANS LES MICASCHISTES DE BALATG

I. LES GNEISS DE CASEMI :	
1. Constitution lithologique et conditions de gisement.....	209
2. Pétrographie des gneiss de Casemi.....	210
3. Composition chimique des gneiss de Casemi.....	212
4. Nature et origine des gneiss de Casemi.....	212
II. LEPTYNITES INTERSTRATIFIÉES DANS LES MICASCHISTES DE BALATG.....	215

4^e PARTIE

Étude des structures tectoniques hercyniennes

CHAPITRE IX. — LES PLISSEMENTS HERCINIENS ET LE STYLE PENNIQUE

INTRODUCTION.....	219
A. SCHISTOSITÉ, LINÉATIONS ET PHASES DE PLISSEMENT DÉDUITES DES OBSERVATIONS À PETITE ÉCHELLE.....	220
I. LA SCHISTOSITÉ ET LES DÉFORMATIONS PRÉCOCES :	
1. L'enveloppe paléozoïque.....	220
2. Les gneiss du Canigou et de la Carança.....	225
3. Aspects des déformations précoces dans les micaschistes de Balatg et les gneiss de Casemi.....	228
4. Signification de la schistosité S_1 dans les micaschistes et dans les gneiss.....	219
5. Le problème des fronts de schistosité.....	230
6. Relations entre la direction axiale des plis synschisteux p_1 , les linéations l_1 et les directions principales de l'ellipsoïde des déformations.....	230
7. Les déformations précoces : résultats des mesures.....	231
II. LES PLISSEMENTS TARDIFS OU POST-SCHISTEUX ET LE CLIVAGE DE FRACTURE :	
1. Dans l'enveloppe paléozoïque.....	238
2. Dans les gneiss et dans la zone profonde du Canigou.....	240
3. Résultat des mesures.....	242
III. RELATIONS ENTRE LE MÉTAMORPHISME ET LES PHASES DE PLISSEMENT.....	256
IV. CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR LES RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DE LA TECTONIQUE A PETITE ÉCHELLE.....	247
B. LES PLISSEMENTS A GRANDE ÉCHELLE (MÉGASTRUCTURE).....	248
I. MÉGASTRUCTURE DU MASSIF GNEISSIQUE DE LA CARANÇA ET DE L'ENVELOPPE PALÉOZOÏQUE ATTENANTE, LIÉE AUX PLISSEMENTS TARDIFS.....	249
II. MÉGASTRUCTURE DU MASSIF GNEISSIQUE DU CANIGO LIÉE A LA TECTONIQUE TARDIVE.....	252
III. RELATIONS CHRONOLOGIQUES POSSIBLES ENTRE LES PLIS TARDIFS A GRANDE ET A PETITE ÉCHELLE.....	254
IV. MÉGASTRUCTURES EN LIAISON AVEC LE PAROXYSMO OROGÉNIQUE (PLISSEMENTS PRÉCOCES) : LA NAPPE DES GNEISS DU CANIGO ET LE STYLE PENNIQUE :	
1. Signification structurale des gneiss stratoïdes du Canigou et de la fenêtre de Balatg.....	255
2. Relations entre les plis couchés à grande et à petite échelle.....	259
3. Remarques sur le style pennique dans la mésozone du Canigou.....	260
4. Extension de la structure en nappe du massif du Canigou aux massifs de la Carança et du Roc de France :	
a. Massif du Roc de France.....	261
b. La zone synclinale de Thués-Fontpédrouse dans le massif de la Carança.....	262
c. Autres replis synclinaux liés à la nappe du Canigou.....	268
5. Mégastructures liées à la tectonique précoce dans l'enveloppe paléozoïque : la zone synclinale de Ballestavy-Velmana. Le problème de la dysharmonie entre la tectonique des gneiss et de l'enveloppe durant les plissements précoces.....	269
6. Remarques sur les relations entre les gneiss et l'enveloppe paléozoïque dans la région du bassin ferrifère d'Escarro-Fillols.....	271

	Pages
7. Comparaisons entre la tectonique profonde du massif du Canigou et de la Carança et quelques schémas généraux proposés.....	272
C. CONCLUSION : PHASES DE PLISSEMENTS SUPERPOSÉS DURANT L'OROGENÈSE HERCYNIENNE DANS LES TERRAINS MÉTAMORPHIQUES DU CANIGOU	274

5° PARTIE

Les problèmes du socle anté-hercynien

CHAPITRE X. — LES CARACTÈRES DU SOCLE ANTÉ-HERCYNIEN ET L'« EFFET DE SOCLE »

I. Preuves de l'existence d'un socle anté-paléozoïque.....	279
II. Constitution et âge du socle anté-paléozoïque	281
III. L'effet de socle.....	284
IV. L'effet de socle dans le cas de la nappe du Canigou-Roc de France.....	290
BIBLIOGRAPHIE.....	293
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	305
TABLE DES MATIÈRES	311