



LA GRAVE

La carte géologique à 1/50 000
LA GRAVE est recouverte par les coupures suivantes
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :
au nord : ST-JEAN-DE-MAURIENNE (N° 179)
au sud : BRIANÇON (N° 189)

DOMÈNE	ST-JEAN- -DE-MAURIENNE	MODANE
VIZILLE	LA GRAVE	NEVACHE
LA MURE	ST-CRISTOPHE- -EN-DISANS	BRIANÇON

**CARTE
GÉOLOGIQUE
DE LA FRANCE
A 1/50 000**

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

LA GRAVE

XXXIV-35

*Aiguilles d'Arve -
Col du Lautaret*

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte postale 6009 - 45018 Orléans Cédex - France



NOTICE EXPLICATIVE

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	3
APERÇU GÉOGRAPHIQUE	3
APERÇU STRUCTURAL	3
HISTOIRE GÉOLOGIQUE	4
DESCRIPTION DES ASSISES	6
ZONES DAUPHINOISE ET ULTRA-DAUPHINOISE	6
LE SOCLE	6
– Les Grandes Rousses	6
– La Romanche supérieure	7
• Vallée de la Romanche	7
• Massif de la Meije	10
– Le Combeynot	13
TERRAINS SÉDIMENTAIRES ET VOLCANIQUES	16
– Zone dauphinoise	16
– Zone ultra-dauphinoise	19
ZONES INTERNES	21
ZONE SUB-BRIANÇONNAISE	21
ZONE BRIANÇONNAISE	23
FLYSCH A HELMINTHOÏDES	26
QUATERNAIRE	27
GÉOLOGIE STRUCTURALE	28
ZONES EXTERNES	28
– Socle	28
• Grandes Rousses	28
• Romanche supérieure	30
• Combeynot	31
– Couverture sédimentaire	31
• Séries sédimentaires	31
• Terminaison nord du massif de l'Oisans	33
ZONES INTERNES	33
– Sub-Briançonnais	33
• Unité du Petit-Galibier	33
• Unité du Lauzet-Roche Olvera	33
• Les écailles externes	34
– Briançonnais	34
• Chevauchement du Briançonnais	34
• Failles	34
• Plis	35
• Klippes briançonnaises	35

OCCUPATION DU SOL	36
<i>ARCHÉOLOGIE</i>	36
<i>APERÇU GÉOTECHNIQUE</i>	36
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	37
<i>MINÉRALISATION</i>	37
<i>AUTRES SUBSTANCES MINÉRALES</i>	38
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	38
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	39
<i>SONDAGES ET GALERIE</i>	39
<i>ITINÉRAIRES GÉOLOGIQUES</i>	41
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	41
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	44
AUTEURS DE LA NOTICE	44

INTRODUCTION

APERÇU GÉOGRAPHIQUE

La feuille La Grave à 1/50 000, située aux frontières de trois départements de montagne : Isère, Hautes-Alpes et Savoie, avec des altitudes comprises entre 1 000 et 4 000 m, couvre un secteur des Alpes encore pittoresque et sauvage. Elle intéresse des régions naturelles très tranchées qui sont également des entités géologiques.

A l'Ouest et au Sud, on a le massif des Grandes Rousses et le bord nord du massif des Écrins, cristallins, avec les importants sommets du pic de l'Étendard (3 468 m), du Lac Blanc (3 327 m), du Rateau (3 809 m), de la Meije (3 983 m) et des pics du Combeynot (3 156 m).

A l'Est et au Nord de ces massifs, s'étend le Pays des Arves, haut plateau de pâturages, très vallonné et modelé dans les terrains jurassiques. Il est bordé à l'Est par les crêtes acérées des Aiguilles d'Arves (3 510 m), de la Saussaz et des Trois Évêchés (3 118 m).

La partie est de la feuille est occupée par le bassin de Valloire, creusé en majeure partie dans les terrains gréseux, tertiaires et houillers, et s'ouvrant au Nord sur la Maurienne.

Il est dominé à l'Est et au Sud par les massifs calcaires des Sétaz et du Grand Galibier, annonçant progressivement le pays briançonnais et les Alpes du Sud.

Deux vallées seulement, souvent resserrées en gorges, permettent la pénétration de ces hauts massifs : vallée est-ouest de la Romanche supérieure et vallée nord-sud de la Valloirette, communiquant par les cols du Lautaret et du Galibier avec la vallée de la Guisane.

L'habitat, excessivement réduit, s'est regroupé près de ces deux axes autour de La Grave et de Valloire, centres alpins et stations de ski auxquels on peut adjoindre la moderne station des Deux-Alpes au-dessus du Fréney-d'Oisans.

APERÇU STRUCTURAL

(Schéma structural au 250 000ème et coupes interprétatives au 100 000ème de la carte)

A des degrés divers, quatre zones géologiques sont présentes d'Ouest en Est :

Zones dauphinoise et ultra-dauphinoise (autochtone et para-autochtone). La zone externe des Alpes, représentée par un socle ancien (granites de la Meije et du Combeynot, micaschistes, gneiss, leptynites, amphibolites, migmatites des Grandes Rousses et des versants de la Romanche) et une couverture jurassique et tertiaire, intéresse plus des 3/4 de la superficie de la feuille.

Elle est habituellement divisée en *zone dauphinoise orientale* et *zone ultra-dauphinoise*, la limite correspondant à un contact anormal majeur souligné de gypse et de cargneule (très épais en Maurienne).

En arrière de ce plan de chevauchement, le déversement des plis vers l'Ouest s'accroît et s'accompagne d'écaillages du Trias et du socle (Côte-Plaine, Combeynot). C'est ainsi que la zone ultra-dauphinoise se subdivise d'Ouest en Est en écaille des Albies, aux faciès assez proches de ceux de la zone dauphinoise et, en approchant du Combeynot, en écailles des Trois Évêchés, du Lautaret, des Anrouchers et de Côte-Plaine aux séries néritiques et moins épaisses. C'est là aussi que les traces de la tectonique « anté-nummulitique » (« *chaîne arvinche* ») ont été les mieux préservées sous la transgression du flysch des Aiguilles d'Arves. On sait maintenant que cette tectogénèse a donné naissance à des plis et des fractures sensiblement est-ouest allant sans doute jusqu'à des écaillages et des chevauchements (feuille Saint-Jean-de-Maurienne à 1/50 000).

Zone sub-briançonnaise. La première des zones internes occupe la vallée de la Valloirette et les pentes inférieures de la rive gauche de la Guisane. C'est un empilement d'écaillés décollées au sommet du Trias que la stratigraphie et la structure permettent de grouper en deux digitations : *la digitation du Petit-Galibier* aux séries très minces allant du Lias à l'Oxfordien subdivisée en écaillés de Plan-Paradis, des Sestrières et du Fontenil, et *la digitation du Lauzet—Roche Olvera* comprenant un ensemble de calcaires massifs du Lias-Dogger (au Lauzet et à la Roche Olvera) et un ensemble schisteux oxfordien-éocène (à la crête du Galibier surtout). A leur front, on distingue au Nord du Galibier, la zone des « écaillés externes », constituées seulement de Crétacé et de Nummulitique.

Zone briançonnaise. Constituant la partie orientale du territoire de la feuille, la zone briançonnaise comporte une masse de terrains siliceux : Houiller, Permien, Trias inférieur et une couverture calcaro-dolomitique (Trias moyen surtout) qui est, soit pincée en synclinaux étroits et verticaux dans le massif des Sétaz, soit décollée et chevauchante sur la zone sub-briançonnaise dans le massif du Grand-Galibier et de Roche-Colombe. A l'Ouest, près du col du Galibier, des lames de terrains briançonnais se retrouvent pincées dans les séries sub-briançonnaises.

Par suite du relèvement des axes de plis, la couverture calcaire de la zone houillère alpine disparaît définitivement vers le Nord au droit de Valloire.

Zone piémontaise. De minuscules témoins de la nappe du Flysch à Helminthoïdes, issue sans doute du domaine piémontais, sont visibles sur la crête du Galibier et près du col de même nom.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Actuellement, les terrains les plus anciens sont connus dans le massif cristallin du Pelvoux-Écrins. Ses assises, d'âge paléozoïque ou même antérieur, se regroupent en trois ensembles : le socle ancien, antéhercynien, affecté par un métamorphisme catazonal (migmatites du Bec de l'Homme et de la Meije, de Villar-d'Arène) ; un ensemble de gneiss avec métamorphisme mésozonal ou migmatisation (gorges de la Romanche) ; enfin un complexe volcano-détritique peu métamorphique (zone des schistes verts), bien représenté dans le Combeynot. Le tout est recoupé par des granites hercyniens (dinantiens ?) à la Meije et au Combeynot.

Par contre, la place des Grandes Rousses par rapport à ces ensembles est encore mal définie ; on y retrouve des gneiss migmatisés, des micaschistes parfois feldspathisés et des leptynites (anciennes rhyolites ?).

L'histoire des terrains sédimentaires débute à la fin de l'édification de la chaîne hercynienne.

Houiller—Permien. A cette époque la sédimentation est continentale, alimentée par les produits de désagrégation du socle secoué par les derniers mouvements hercyniens ; elle va s'accumuler dans des bassins plus ou moins subsidents :

Dans les zones externes, le Houiller n'est connu que dans les Grandes Rousses et occupe des bassins alignés sur des fractures hercyniennes. Il est discordant sur le socle et d'âge stéphanien inférieur (peut-être Westphalien D à la base). Le Houiller est productif à l'Ouest (l'Herpie) et plus conglomératique à l'Est où des émissions volcaniques importantes sont relevées (orthophyres des Rousses). Le Permien est partout absent.

En Briançonnais, la série carbonifère connue débute au Namurien et se poursuit dans le Westphalien inférieur et moyen sous forme de sédiments fluviaux ou marécageux à rares intercalations torrentielles et avec de nombreuses couches productives. Ils sont recouverts en discordance par le Verrucano, conglomérat à galets éruptifs, précédant les dépôts triasiques.

Cependant, dans la région de Valloire, la Ponsonnière, Roche-Château (feuilles La Grave et Névache), s'intercalent divers termes.

En effet là se déposent, au-dessus du Westphalien, des couches très conglomératiques, sans charbon, à schistes versicolores et niveaux de calcaires et de dolomies, légèrement discordantes (phase asturienne). Elles témoignent d'une forte érosion des nouveaux reliefs et d'un climat plus sec. Des traces de volcanisme (microdiorite) sont perceptibles (Valloire). L'ensemble est rapporté au Stéphano-Autunien. Il est suivi de nouvelles émissions volcaniques (dacite, microdiorite de la phase saalienne) puis par les sédiments détritiques de *l'assise de la Ponsonnière* rapportée au Saxonien. Le climat a changé, il est devenu oxydant, car on ne relève plus de traces de végétaux. D'ultimes coulées volcaniques, acides cette fois (phase palatine ?), couronnent ces séries inhabituelles, avant le Verrucano.

Trias. Au Trias, la mer envahit progressivement la région d'Est en Ouest. Tandis qu'à l'Est, zone briançonnaise, la région subit les influences marines du domaine alpin, à l'Ouest, zones externes, la sédimentation reste épicontinentale formant transition avec le domaine germanique.

Dans les zones externes, la minceur des dépôts, discordants sur le Houiller ou le cristallin, et l'absence de fossiles font hésiter sur l'âge de l'arrivée de la mer : début du Trias ou bien Muschelkalk supérieur après une période d'émersion plus longue ? Quoi qu'il en soit, les dépôts du sommet du Trias sont plus épais (avec gypse) dans la zone ultra-dauphinoise car l'influence des massifs cristallins dauphinois qui constituaient des hauts-fonds plus ou moins instables (*reliefs vindéliciens*) se faisaient moins sentir.

Dans le Briançonnais, les sédiments du Werfénien inférieur sont des sables aquatiques de plus en plus fins, calibrés et clairs, relayés ensuite par les dépôts de milieu sursalé : gypse, dolomie du Werfénien supérieur. Durant tout le Trias moyen, se constitue l'épaisse série des calcaires et dolomies à Algues calcaires ; c'est une mer peu profonde, très salée, sans Céphalopodes. La tendance à l'émersion, près de la limite Anisien-Ladinien, signalée ailleurs dans le Briançonnais, n'est pas perceptible ici. Le Trias supérieur, très mince, est marqué par un retour à un régime continental avec pélites colorées et brèches d'âge supposé carnien ; le Norien est partout absent sur le territoire de la feuille.

Jurassique—Crétacé inférieur. Au Jurassique, deux domaines paléogéographiques se différencient nettement.

A l'Ouest, des sédiments vaseux et épais envahissent le domaine marin dauphinois où ce régime se poursuit jusqu'au sommet du Malm avec des apports terrigènes plus abondants au Jurassique moyen. Cependant, près des massifs cristallins externes, le Lias inférieur peut être absent (plateau d'Emparis) ou néritique (Trois Évêchés) et on connaît des coulées spilitiques à la base du Lias.

A l'Est, la *plate-forme briançonnaise* émerge durant le Lias mais l'érosion y est limitée et préserve la plus grande partie des sédiments triasiques.

Au Dogger, la mer envahit très localement la région, déposant des calcaires néritiques. Au Malm s'établit un régime pélagique de haut-fond. Nous voyons alors se juxtaposer, sur de faibles distances, des zones de dépôts très réduits et condensés (présence de silice et de croûtes rubéfiées), des régions émergées et des zones en proie à l'érosion (démantèlement) sous-marine. En effet, la fréquence des niveaux de brèches est une caractéristique des massifs du Grand-Galibier et de Roche-Colombe. Quand il est présent, le Malm est d'abord détritique (brèches, pélites, marbres de Guillestre), puis très fin (calcaire à Calpionelles), mais il est toujours très mince.

Le même type de sédimentation se poursuit sans doute jusqu'au Crétacé moyen mais aucun dépôt n'existe dans notre région entre Malm et Néocrétacé, soit par lacune sous-marine (pic La Bruyère), soit par émersion (karst de Roche-Colombe, la Sétaz), soit encore par érosion sous-marine.

Dans les zones externes, le Crétacé manque partout.

Durant cette époque, entre la fosse dauphinoise et le géanticlinal briançonnais, le Sub-Briançonnais correspond à une zone de passage où alternent des séries minces de hauts-fonds (type Petit-Galibier) et des séries épaisses de sillons (type Roche Olvéra—Lauzet). Elles sont plus épaisses et plus complètes (présence d'Oxfordien et de Crétacé inférieur) que les séries briançonnaises.

Crétacé supérieur—Éocène. A la fin du Crétacé ou au Paléocène, la zone ultra-dauphinoise et sans doute aussi la zone dauphinoise subissent une importante tectonisation donnant des plis à axe est-ouest et des écaillages vers le Nord pouvant affecter le socle cristallin. Elle aboutit à une émergence de la région et à l'édification de la chaîne arvinche.

Dans les zones sub-briançonnaise et briançonnaise, dès le Turonien, la mer envahit tout le domaine avec des sédiments fins, « marbres en plaquettes » ou calcschistes planctoniques, s'étendant jusqu'à l'Éocène. Des reliefs sous-marins actifs (faille des Cerces, feuille Névache) continuent à donner des brèches épaisses. Au Lutétien, cette sédimentation calcaire fait place à celle, détritique et peu épaisse, du « flysch noir ».

Le Priabonien est marqué à l'Ouest par le dépôt du flysch des Aiguilles d'Arves, très épais, précédé par endroit de conglomérats peut-être lutétiens. L'ensemble est transgressif sur les plis et les écaillages anté-nummulitiques. Vers l'Est, l'arrivée de la nappe du flysch à Helminthoïdes arrête la sédimentation du flysch noir sur la zone briançonnaise, puis sub-briançonnaise.

Oligocène inférieur. Le paroxysme alpin voit la mise en place de l'Est vers l'Ouest des diverses nappes briançonnaises et sub-briançonnaises ; il se traduit dans le domaine externe par des écaillages nouveaux et par une reprise des plissements de la phase arvinche avec des directions de contraintes différentes, tordant les axes de plis anciens jusqu'à les rendre nord-sud (mont Falcon).

Fin Oligocène—Pliocène. Dès la fin de l'Oligocène, la région interne est émergée et son érosion va alimenter les bassins molassiques de la bordure des Alpes.

A la fin du Miocène, les massifs cristallins externes se contractent et se soulèvent à leur tour, ce qui entraîne le plissement de leur couverture sédimentaire. Vers l'Est, le flysch des Aiguilles d'Arves et les nappes internes se redressent et se plissent une ultime fois (anticlinaux et synclinaux de nappes, klippes du Galibier).

Tout au long de cette histoire géologique, le rôle des accidents cassants avec coulissage a été déterminant, mais seul leur dernier rejeu, post-nappe, est très net ; certains peuvent reprendre ou se superposer à des contacts de chevauchements.

DESCRIPTION DES ASSISES

ZONES DAUPHINOISE ET ULTRA-DAUPHINOISE

LE SOCLE

Le stade actuel des études ne permettant pas une corrélation suffisante entre les divers massifs cristallins externes représentés sur la feuille, la description des terrains plutoniques et métamorphiques se fera par massif, avec des indications sur l'âge et le métamorphisme quand cela sera possible.

A — Les Grandes Rousses (P. Bordet)

La série cristallophyllienne présente dans les Grandes Rousses peut être, sur cette feuille, divisée en quatre groupes d'Ouest en Est :

1 - *Groupe des Petites Rousses*, affleurant dans le coin nord-ouest du territoire de la feuille.

ξf. **Chloritoschistes feldspathiques.** C'est une série de chloritoschistes verts à passées riches en petits yeux de feldspaths roses et contenant des intercalations de leptynites (λ_m) ; ce groupe s'ennoe sous le Lias des Aiguillettes.

2 - **Le groupe des Grandes Rousses** comporte trois formations différentes :

ξ. **Chloritoschistes et micaschistes.** Ce sont des micaschistes à deux micas et staurotide, fortement oxydés qui ont donné leur nom au massif (« Les Rousses »). Ils contiennent localement (glacier de Sarenne) des bancs d'amphibolites et de cipolins (δ , c_i).

ξ. **Gneiss ocellaires bruns.** Les micaschistes cités précédemment sont, par places, feldspathisés et prennent l'allure de gneiss gris ou bruns, contenant parfois des yeux blancs régulièrement disposés. Ce phénomène paraît dessiner une auréole autour des leptynites et serait dû à un métamorphisme de contact.

λ_m . **Leptynites à muscovite.** Des leptynites (*granulite* de P. Termier) constituent la partie culminante du massif : versant ouest de l'Étandard, Cime de la Barbarate, Cime de la Cochette. Il s'agit, semble-t-il, d'une masse hypovolcanique de rhyolite rose formant une épaisse lame intrusive dans les micaschistes. Les rapports exacts entre les leptynites du groupe des Petites Rousses et celle du groupe des Grandes Rousses ne sont pas évidentes. Ces roches sont semblables : dans les deux cas, elles paraissent avoir été injectées dans la série métamorphique, soit pendant, soit peu après le plissement de celle-ci.

Il ne paraît pas subsister d'élément appartenant à un volcanisme subaérien.

Un affleurement de leptynite existe encore dans les gorges de la Sarenne, aux Envers.

3 - **Le groupe du Sauvage** est principalement constitué par deux bandes de gneiss, séparées par une bande de Houiller.

ξc. **Conglomérat métamorphique.** On relève en quelques points (Château Noir, Dents du Cerisier), en contact avec le Houiller de l'accident médian, une formation bréchique noire à ciment micaschisteux. Le fait qu'elle contienne localement des chlorites et des grenats conduit à lui attribuer un âge antérieur au Houiller daté (P. Bordet), mais sa position dans un accident important n'a pas encore permis d'en donner une interprétation certaine. Cette formation est plus développée au Nord sur la feuille Saint-Jean-de-Maurienne.

Mξ. **Gneiss migmatitiques.** Les gneiss sont riches en feldspaths ; irréguliers, ils montrent des traces de déformations et de plis, impliquant la superposition de plusieurs phases tectoniques ; assez souvent, en particulier dans le Sud du massif, ils ont été écrasés au point de ressembler à de simples micaschistes.

Ils contiennent, à la Croix de Cassini, un petit stock de *diorite quartzique* (η), lui-même traversé par des diabases. Un autre stock doit exister plus au Sud dans le versant de la Courbe ; il est connu seulement par des blocs du grand éboulis dominant les Châteaux.

4 - **Le groupe de la Valette** composé d'une série de lames tectoniques de cristallin mylonitisé et, de ce fait, non identifiable, pincées dans la couverture liasique sur le versant interne des Rousses ($\zeta_{m\gamma}$) ; des écailles analogues existent dans le Lias des Deux Alpes, mais on ne peut assurer qu'il s'agissent partout de la même unité tectonique (cf. chapitre Tectonique).

B - La Romanche supérieure (P. Le Fort)

1 - **Vallée de la Romanche, de La Grave au barrage du Chambon.**

Pétrologie. Les formations gneissiques recoupées par les gorges de la Romanche entre La Grave et le lac de retenue du Chambon ne sont que la terminaison septentrionale d'un ensemble beaucoup plus vaste s'étendant largement sur la feuille Saint-Christophe-en-Oisans, et dénommé *formations de La Lavey*. Dans ce puissant ensemble, les niveaux amphiboliques constituent un repère typique et remarquable qui

présente une excellente continuité cartographique. Sur la feuille La Grave, le puissant niveau issu du vallon de la Selle de Saint-Christophe semble s'étaler en une vaste terminaison périclinale anticlinale découpée par des failles longitudinales, et qui mime approximativement la surface anté-triasique. Il s'agit là d'une structure acquise principalement lors de l'orogénèse alpine. Par suite de la difficulté d'accès des affleurements, la structure ancienne n'a pas été élucidée.

δ. **Formations amphiboliques.** De façon schématique, on peut distinguer sept variétés (non distinguées sur la carte), dans les formations amphiboliques : amphibolites compactes ou massives, amphibolites rubanées, magmatites amphiboliques, boules amphiboliques à structure radiaire, gneiss amphiboliques, gneiss œillés amphiboliques, cipolins.

Les trois dernières variétés semblent toutefois manquer ou être très mal représentées sur la feuille La Grave. Nous ne décrivons donc succinctement que les quatre premières variétés. Toutefois cette description séparée n'est qu'une facilité de présentation : une seule coupe d'une centaine de mètres au Peyrou d'Aval à l'Ouest du refuge Évariste Chancel montre toutes ces variétés intimement mélangées.

a) *Amphibolites massives ou compactes.* Elles se présentent sous forme de lits ou de bancs plus ou moins lenticulaires ou boudinés. Ce sont des roches très sombres, compactes, généralement peu ou pas orientées, à grain millimétrique et texture nématoblastique, pouvant parfois présenter de la biotite assez abondante. Par endroits (Grand Clot, en rive droite de la Romanche, zone entre le col de Pacave et le refuge Evariste Chancel), les amphibolites compactes peuvent constituer 50 %, voire plus, des affleurements. Elles sont généralement liées aux agmatites amphiboliques et, de ce fait, indiscernables cartographiquement.

Au microscope, l'amphibole forme des cristaux allongés disposés de préférence selon le litage de la roche, sauf quand il s'agit de cristaux de grande taille (1 cm et plus) qui s'arrondissent et perdent leur allongement ; c'est soit une hornblende verte, soit assez fréquemment dans cette région une hornblende brune. Dans ce dernier cas elle peut être accompagnée d'une augite incolore, souvent obscurcie par des pigments opaques, en voie d'altération en amphibole et parfois clinzoïsite : l'augite peut apparaître en relique au cœur des amphiboles. Le plagioclase, totalement séricitisé, semble être une andésine. Le quartz est peu abondant, le feldspath potassique absent. La biotite apparaît avec une abondance et un état d'altération en chlorite très variable. Le grenat apparaît parfois ; c'est un almandin riche en pyrope, en partie altéré en produits chloriteux. Enfin le sphène, l'apatite et les opaques (pyrite, oligiste, voire magnétite) sont abondants.

b) *Amphibolites rubanées ou litées.* Ce sont des roches à texture stromatitique où alternent des lits sombres et des lits plus clairs. On en trouve de très beaux exemples au col de Pacave. Dans les cas les plus tranchés, la biotite est le seul minéral ferro-magnésien des lits clairs, lits où la taille du grain est plus forte que dans les lits sombres. L'épaisseur des lits varie depuis le millimètre jusqu'à plusieurs centimètres ; au delà, les lits clairs sont franchement granitiques. Les lits sombres sont identiques aux amphibolites compactes décrites ci-dessus ; ils peuvent exceptionnellement présenter du pyroxène.

Les zones de contact entre lits clairs et lits sombres montrent généralement une succession de fines zones millimétriques intermédiaires entre les deux lits.

c) *Agmatites amphiboliques.* Elles sont parmi les plus belles roches qu'on puisse observer à l'affleurement. Elles sont formées d'un assemblage de blocs surtout amphiboliques emballés et recoupés par des filons et des masses granitiques. Les alentours du refuge Evariste Chancel constituent par leur facilité d'accès un lieu privilégié pour leur observation.

Dans un bloc d'agmatite amphibolique on peut généralement distinguer trois zones successives :

- un cœur amphibolique qui peut ressembler à n'importe quel type d'amphibolite compacte ou rubanée ;
- une couronne éventuellement doublée d'une écorce plus potassique à l'origine, mais où se sont produits des phénomènes importants de rétomorphose : chloritisation et séricitisation ; elle est également plus riche en quartz ;

— une enveloppe leucocrate, peu ou pas orientée, à grain plus grossier, qui présente tous les intermédiaires entre une diorite très plagioclasique et un granite à biotite.

Il n'y a en fait qu'une différence de degré de mobilisation entre les amphibolites rubanées granitoïdes et les amphibolites agmatiques. Cette différence peut dans certains cas être favorisée par l'intensité du plissement : les charnières de plis sont préférentiellement granitisées.

d) *Boules amphiboliques à structure concentrique.* On rencontre assez fréquemment dans les formations amphiboliques des masses ovoïdes vert foncé qui semblent composées uniquement de minéraux sombres (notamment au Peyrou d'Aval et à la rampe des Commères). Une section de ces boules montre une structure concentrique et radiaire ; de la périphérie au centre on peut distinguer jusqu'à cinq enveloppes successives :

- une enveloppe très fine de biotites mordorées ;
- une couche d'amphiboles vertes disposées radialement ;
- une couche d'amphiboles vertes où l'orientation radiale disparaît et peut faire place à une orientation parallèle à la surface ;
- une couche d'oxydes de fer ;
- enfin un cœur à structure équante formé d'un assemblage de minéraux ferromagnésiens et calciques tels que : anthophyllite, trémolite, chlorite, phlogopite, trémolite, carbonate, talc, apatite, actinote, hornblende verte, augite, chlorite, sphène, apatite, augite, opaques, hercynite, calcite.

Il est vraisemblable que ces boules amphiboliques proviennent de la transformation de petites masses ultra-basiques ayant acquis leur structure concentrique par migration locale d'éléments au cours de la migmatisation.

§. **Formations non amphiboliques.** Ces formations n'ont pas pu toujours être levées avec le détail souhaitable. A la suite de quelques grandes coupes, elles ont été réparties entre deux groupes d'appréhension facile sur le terrain et qui semblent pouvoir se suivre avec une certaine continuité (ζ_1 et ζ_b).

Comme les formations amphiboliques, elles appartiennent à l'ensemble de la Lavey défini plus au sud. Acides, de caractères très monotones, ce sont essentiellement des gneiss granitoïdes plus ou moins micacés (ζ_1), plus ou moins mobilisés, dans lesquels on observe souvent des micaschistes à grain fin (ζ_b), résistants soit sous forme de niveaux continus, notamment près des amphibolites, soit sous forme d'enclaves arrondies emballées dans les gneiss.

Les gneiss migmatitiques leucocrates (ζ_1) dominent ; ce sont des « embréchites œillées rubanées » évoluant par place vers des anatexites ou même des nébulites. Dans toute cette région, ils montrent des traces plus ou moins intense de laminage, d'écrasement et de cataclase, pouvant conduire à la formation de véritables blastomylonites. Sur le plan minéralogique ce sont des roches à quartz, oligoclase dominant sur le feldspath potassique, biotite chloritisée et à muscovite, grenat, cordiérite, sillimanite (fibrolite) et épidote, ces derniers minéraux apparaissant de manière très irrégulière.

Origine. L'étude des analyses chimiques de soixante échantillons des *formations de la Lavey* permet d'envisager les filiations sédimentaires suivantes, plus ou moins oblitérées par l'évolution métamorphique et migmatitique :

- les formations amphiboliques correspondent à d'anciennes formations volcaniques de type spilitique auxquelles était associé un volume peu important de kératophyres ;

— les formations non amphiboliques comprennent des grauwackes (ex-tufs basiques plus ou moins remaniés) qui font le lien avec les formations proprement volcaniques, des quartzites et grès feldspathiques, qui représentent un important apport détritique, et des shales, sédimentairement plus évoluées mais d'importance secondaire.

Sur le plan chimique, les formations de la Romanche (de la Lavey) pourraient donc tout à fait correspondre aux formations non mobilisées de la zone corticale du Haut-Dauphiné (massifs du Taillefer et du Chaillol, notamment).

2 - Massif de la Meije au Sud de Villar-d'Arène.

Granites intrusifs.

γ^1 . **Granite basal de la Meije.** Ce granite alcalin leucocrate, fortement quartzitique, forme la masse principale du soubassement de la Meije et le Rateau. Il affleure au-dessus de La Grave, le long de la piste qui remonte vers la brèche de la Meije par les Enfetchores.

C'est une roche à patine rousse, à grain moyen (on distingue une variété à grain fin, semi-millimétrique, et une variété à grain plus grossier, semi-centimétrique). Elle est composée de quartz (32 % en volume) dont l'aspect est souvent globulaire, de feldspath potassique (29 %), probablement du microcline, très perthitique, xénomorphe, de plagioclase (37 %) acide, altéré au cœur en séricite, entouré d'une couronne d'albite, de biotite (2 %) souvent chloritisée, surtout dans la variété à grain fin.

Chimiquement (analyses GP 11 et GP 12, tableau n° 1) ce granite est l'équivalent de celui de la Bérarde connu plus au Sud (feuille Saint-Christophe-en-Oisans) : c'est l'une des variétés les plus acides de l'ensemble des granites du massif des Écrins-Pelvoux ; il est cependant moins potassique que celui du Combeynot.

$a\gamma^{1-2}_{pi}$. **Aplites et Granite aplitique du Serret du Savon.** Ce faciès forme un petit massif au Sud du passage du Serret du Savon : mais il existe surtout sous forme de filons d'épaisseur variable (1 à 10 cm) de directions indépendantes de celle de la foliation des gneiss encaissants. Leur teinte est claire, les minéraux ferromagnésiens rares ; certains filons montrent des nids centimétriques peu abondants de pinite verdâtre.

La composition minéralogique est la suivante : quartz (28 %), plagioclase (36 %) sub-automorphe, altéré, de teneur en anorthite 8 à 25 %, feldspath potassique (33 %) perthitique, souvent pseudopétilisé, biotite chloritisée (moins de 5 %), enfin muscovite en petites paillettes et, comme minéral accessoire, surtout de l'apatite.

Chimiquement (analyses GN 330 et GO 211, tableau n° 1), ces aplites se différencient de la masse principale du granite par des teneurs en Ca et Mg plus élevées et surtout par la prédominance plus nette de K par rapport à Na (ce qui les rapproche d'avantage du granite du Combeynot).

γ^2 . **Granite filonien de l'Aigle et du Serret du Savon.** Il affleure en masses peu étendues, de type filonien, sur les deux rives du glacier du Tabuchet : en rive droite, dans le rognon rocheux qui sort du glacier au Sud du refuge de l'Aigle, en rive gauche, au Nord de la cassure du Serret du Savon.

C'est une roche à patine fauve, à grain variable, assez gros, localement porphyroïdique et à bordures pegmatitiques. On y distingue des quartz ronds, de très gros cristaux de feldspath potassique et de plagioclase. Les micas sont peu abondants.

Au microscope on retrouve ces minéraux : quartz en grandes plages globulaires, peu ou pas recristallisées, feldspath potassique très perthitique, maclé Carlsbad, plagioclase en cristaux plurimillimétriques sub-automorphes, zonés (cœur relativement basique — An 30 — entouré d'oligoclase — An 15 — avec souvent un mince liseré d'albite limpide au contact du feldspath potassique) ou en cristaux engrenés beaucoup plus petits, biotite très largement transformée en chlorite (pennine), enfin petites paillettes disséminées de muscovite.

Du point de vue chimique (analyses GO 221 et GO 38, tableau n° 1), ce granite se distingue des précédents par des teneurs en Fe, Mg et Ca un peu supérieures et des teneurs en Na plus faibles. Il se rapproche plutôt des granites calco-alcalins à tendance monzonitique connus par ailleurs dans le massif (par exemple, granites de Turbat ou des Étages) que des granites sodi-potassiques tels que le granite basal de la Meije ou le granite du Combeynot.

Age des granites intrusifs. On ne dispose pas de mesures d'âge radiométriques sur ces granites. Cependant leurs gisements les apparentent indubitablement aux autres granites circonscrits du massif, dont ils ne sont que la suite vers le Nord, et dont les âges K/Ar et Rb/Sr s'échelonnent du Dinantien jusqu'au Westphalien ou peut-être Stéphanien (330-275 M.A.). Les caractères chimiques des granites calco-alcalins (Aigle, Serret du Savon) les situent en fin de la lignée monzonitique des granites du massif Écrins-Pelvoux, qui évoluent dans le temps vers des termes plus acides. Le granite basal de la Meije, leucogranite dont les caractères chimiques se distinguent nettement de ceux de la lignée monzonitique, est considéré comme plus tardif.

Formations migmatitiques encaissantes.

Mζ1. **Gneiss rubanés du Doigt de Dieu.** Situés au toit du granite basal ils forment l'arête supérieure de la Meije, depuis le pic du Glacier Carré à l'Ouest. Ce sont des gneiss finement lités (lits leucocrates discontinus séparés par des lits biotitiques minces et discontinus), dont la structure, à l'échelle métrique, est régulière et homogène. La chloritisation des biotites, fréquente — en particulier sur les arêtes de la Meije — leur confère une teinte verdâtre.

Au microscope, on observe : du quartz en cristaux engrenés, du plagioclase An 30 à tendance automorphe, séricitisé, à macles parfois complexes (par exemple de type Albite-Ala), du feldspath potassique moins abondant, perthitique, de la biotite souvent chloritisée, des minéraux accessoires : apatite, sphène, épidote, calcite secondaire.

La biotite cerne les autres minéraux, conférant à la roche une texture particulière, cloisonnée (texture habituelle de migmatite). Elle peut aussi former des lits discontinus, irréguliers. Dans ceux-ci, il existe toujours deux générations de biotite : les biotites de première génération, en grands cristaux orientés dans le plan de foliation, et le définissant, sont reprises par un enchevêtrement de paillettes plus petites, de seconde génération.

Mζ2. **Migmatites du Bec de l'Homme.** Elles sont caractérisées par leur hétérogénéité. On retrouve des passées de gneiss du type précédent (paléosome) mélangées à un matériel granitoïdique à grain très variable, à plagioclases rectangulaires porcelannés et à taches, localement abondantes, de cordiérite pinitisée (néosome leucocrate, ou leucosome). Localement on peut encore reconnaître dans le paléosome des figures de plissement complexe (par exemple, sur l'arête sud du Bec de l'Homme).

Au microscope, les textures du paléosome présentent les mêmes caractéristiques que précédemment. Les minéraux sont les mêmes. Cependant les biotites de seconde génération deviennent prépondérantes et forment des lits amygdalaires discontinus, lobés autour d'assemblages quartzo-feldspathiques (texture en golfe).

Mγ. **Granites migmatitiques du Villar-d'Arène.** Par dissolution plus ou moins complète du paléosome dans le néosome granitique et disparition presque totale des textures planaires, le faciès précédent évolue en définitive vers des faciès d'anatexites ou même de granite d'anatexie. Ces faciès prennent une grande ampleur au-dessus de Villar-d'Arène, dans les pentes nord-est du Bec de l'Homme et en rive droite du glacier de l'Homme (Clot Boucharet).

δ. **Passées amphiboliques.** Elles apparaissent indifféremment dans les formations du Doigt de Dieu et du Bec de l'Homme et ne forment jamais d'affleurements très étendus. Leur aspect est variable : niveaux sombres d'épaisseur inférieure à 20 cm d'amphibolites rubanées (face nord du Bec de l'Homme, rocher de l'Aigle, Tête des

Corridors), gneiss amphiboliques lenticulaires (sommets du Grand Pic et de la Meije orientale), dans les zones plus mobilisées, agmatites (face nord du Bec de l'Homme, face nord-est du Pavé). La texture et la granulométrie sont très variées. La composition minéralogique est en général la suivante : plagioclase An 38 à An 42, à tendance automorphe, à macles complexes (Albite-Ala, Albite-Carlsbad, Manebach-Acline), toujours altéré ; quartz interstitiel peu abondant ; amphibole, probablement une hornblende verte ($\alpha = 15^\circ$, $2V = -70^\circ$), souvent sub-automorphe ; pyroxène qui, lorsqu'il est présent (cas peu fréquent), peut être abondant et former des lits pyroxéniques millimétriques alternant avec les lits amphiboliques ; très altéré, il est difficile à déterminer (pigeonite probable) ; biotite, qui peut soit cloisonner le plagioclase, soit se développer aux dépens de l'amphibole.

Chimiquement, ces amphibolites sont assez hétérogènes, tantôt potassiques, tantôt sodiques (analyses GO 28 et GN 39, tableau n° 1).

Age des formations migmatitiques. Seule une chronologie relative peut être établie à partir des faits suivants :

- si les gneiss du Doigt de Dieu et ceux du Bec de l'Homme ont des compositions chimico-minéralogiques peu différentes, les derniers semblent avoir été beaucoup plus largement affectés par les recristallisations que les premiers : dans un cas, simple recristallisation de biotites secondaires, dans l'autre, nouvelle migmatisation. Celle-ci irait en s'accroissant vers l'Est, pour aboutir aux anatexites et granites d'anatexie de Villar-d'Arène. Elle est donc indépendante de la proximité du granite intrusif et ne peut lui être liée ;

- ceci est corroboré par la tendance épizonale du granite, qui s'oppose aux caractères nécessairement *profonds* de la migmatisation.

On est donc amené à distinguer trois stades de migmatisation ou de granitisation :

- première migmatisation (Doigt de Dieu) ;
- deuxième migmatisation, reprenant la précédente (Bec de l'Homme, Villar-d'Arène) ;
- granites circonscrits, type granite basal de la Meije.

Compte tenu de cette histoire métamorphique et migmatitique complexe, pluri-phasée, il faut nécessairement attribuer un âge ancien, antéhercynien, aux formations encaissantes du granite (Précambien probable).

Tableau n° 1 – Analyses chimiques de quelques roches types de la Romanche supérieure

n°	SiO ₂	Al ₂ O ₃	(1) Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	PF H ₂ O ⁺
GP 11	74.40	12.60	1.44	0.39	0.15	4.16	4.66	0.07	0.05	0.84
GP 12	75.10	12.40	1.14	0.25	0.30	4.03	4.72	0.03	0.03	0.49
GN 330	74.90	13.10	1.09	0.54	0.44	3.52	5.85	0.22	0.02	0.81
GO 211	71.70	13.85	1.43	0.64	0.79	3.71	5.29	0.31	0.04	1.07
GO 221	73.50	13.00	2.07	1.03	0.74	3.50	4.53	0.27	0.06	1.39
GO 38	75.70	11.10	1.78	0.59	0.59	2.97	4.55	0.19	0.05	1.05
GO 28	46.40	16.00	10.25	8.98	8.79	1.71	3.02	0.54	0.19	2.33
GN 39	50.20	14.60	11.02	5.90	10.03	3.29	1.52	1.26	0.22	1.60
DD 22	50.50	19.60	11.71	4.47	0.43	2.38	3.28	1.39	0.14	4.77

(1) Fer total exprimé sous forme de Fe₂O₃.

Analyses faites au quantomètre du C.R.P.G., Vandœuvre-lès-Nancy (*in* P. Le Fort, 1971)

GP 11 et GP 12 : granite basal de la Meije, à gros grain, à grain fin ; refuge du Promontoire (098.76, 912.76, 3 092) — GN 330 : aplite à pinite de l'Aigle (914.34, 309.00, 3 410) — GO 211 : granite aplitique du Nord du Serret du Savon (913.60, 308.98, 3 390) — GO 221 : granite filonien du Serret du Savon (913.60, 308.83, 3 440) — GO 38 : granite filonien de l'Aigle (914.14, 308.70, 3 460) — GO 28 : amphibolite de la tête des Corridors (913.82, 308.46, 3 620) — GN 39 : pyroxéno-amphibolite de la face nord du Bec de l'Homme (914.70, 309.64, 3 250) — DD 22 : amphibolite de la Pointe de Muretouse (907.01, 308.20, 3 289).

Les chiffres entre parenthèses correspondent aux coordonnées x, y et z de la projection Lambert III, zone sud.

C — Le Combeynot

Le massif du Combeynot, partie orientale du massif des Écrins-Pelvoux, séparé de lui par la *synclinal* mésozoïque d'Arsine, forme une entité géologique autonome : si des granites similaires forment l'ossature de l'un et l'autre de ces massifs, le complexe volcano-sédimentaire, encaissant du granite du Combeynot, s'oppose par contre nettement aux séries migmatitiques de la Romanche supérieure.

Sur la feuille La Grave, la plus grande partie du massif est représentée et toutes les formations qui le constituent affleurent bien (au Sud du col du Lautaret, à proximité immédiate de la route, dans les vastes *cassés* qui encombrant le flanc nord du massif, on trouve de beaux exemples de tous les faciès, à l'exception des grauwackes).

Granite du Combeynot. C'est un granite leucocrate à gros grain, avec, à sa périphérie, des faciès de bordure microgranitiques, voire même localement rhyolitiques.

γ^{1-2} . **Faciès à gros grain.** C'est la masse principale du granite. Il est constitué de quartz (environ 35 % en volume), de feldspath potassique (35 %), de plagioclase An 5 à 20 (27 %), de biotite toujours chloritisée (moins de 5 %) et d'un peu de zircon et d'apatite.

Le quartz peut être à tendance automorphe ; le plus souvent il est associé de manière diablastique avec le feldspath potassique. Ce dernier est un microcline intermédiaire (indice de triclinicité : 60), perthitique, riche en soude (7,20 % de K_2O , 2,20 % de Na_2O), souvent zoné (cœur plus orthosique que la périphérie). Le plagioclase, de tendance automorphe, est aussi zoné ; il montre un cortex d'albite autour d'un cœur d'oligoclase. La biotite est souvent totalement chloritisée ; la chlorite alors formée est du type pennine ou thuringite, riche en fer (analyse partielle de l'une de ces chlorites : $Fe_2O_3 = 7,80\%$; $FeO = 19,95\%$; $K_2O = 0,30\%$; $Na_2O = 0,25\%$; $TiO_2 = 2,68\%$).

$\mu\gamma^{1-2}$. **Faciès microgranitique de bordure.** Il est fait d'une pâte finement cristalline ($350\ \mu$), formée de plagioclases séricitisés, de chlorite, de microcline et de quartz, et de macro-cristaux plus ou moins automorphes : quartz arrondis à golfes de corrosion, plagioclase, chlorite et feldspath potassique, perthitique et pseudo-pétilisité.

Il peut évoluer vers un type rhyolitique par diminution du grain de la pâte.

Ces faciès de bordure sont particulièrement bien exposés sur l'arête des Clochettes.

Caractères chimiques : données géochronologiques. Le granite du Combeynot est un des termes les plus évolués chimiquement des lignées granitiques du massif du Pelvoux ; il se caractérise surtout par une forte teneur en K_2O (K_2O/Na_2O supérieur à 2) et un rapport CaO/Na_2O très faible, comme le montrent les analyses 397 (microgranite de bordure) et 398 (faciès à gros grain) du tableau n° 2.

L'âge de ce granite est encore assez mal défini : des mesures au Pb total sur zircons ont donné des âges à 310 - 320 M.A. ; une mesure au Rb-Sr sur roche totale, feldspath potassique et chlorite a donné un âge de 275 M.A., soit à la limite du Carbonifère et du Permien.

Complexe volcano-sédimentaire. Il forme une bande assez étroite (1,5 km) au Nord et au Nord-Est du granite. Il est composé de quatre termes majeurs qui passent normalement les uns aux autres de manière progressive ; ce sont des rhyolites, des porphyroïdes arkosiques ou psammitiques et des grauwackes.

ρ . **Rhyolites.** Elles se présentent en horizons successifs concordants dans les autres faciès, d'épaisseur variable (1 à 10 m). Certains de ces horizons se suivent en direction sur plusieurs centaines de mètres. Le passage à l'encaissant est presque toujours progressif, avec des intermédiaires bréchiques fréquents.

C'est une roche compacte, gris-vert foncé et vert très pâle, parsemée de gros cristaux feldspathiques de quelques centimètres et de quartz ronds bleutés de quelques millimètres. Une légère schistosité est soulignée par de petits amas biotitiques bruns.

Au microscope, la structure volcanique primitive est parfaitement conservée. Une pâte microcristalline quartzo-feldspathique englobe des macrocristaux abondants de quartz (sections automorphes corrodés en doigt de gant), de plagioclase zoné et séricitisé (An 28-30 au cœur), de feldspath potassique perthitique et de biotite de petite taille, souvent chloritisée et orientée.

Le chimisme de ces roches est variable, soit franchement rhyolitique, soit plus rhyodacitique (analyses 391 et 480, tableau n° 2). Il est souvent très proche de celui des microgranites de bordure du granite du Combeynot : comparer en particulier les analyses 397 et 391.

$\rho\zeta$. **Porphyroïdes arkosiques.** Par ce terme on a voulu souligner la double origine de ces formations : tufs volcaniques acides mélangés à des sédiments arkosiques.

Ce sont les roches les plus abondantes du complexe : elles forment des horizons de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur apparente, dont la monotonie n'est rompue que par les *bancs* de rhyolite ou de porphyroïde psammitique (flanc nord de la montagne de la Madeleine, entre 2 000 et 2 950 m d'altitude ; majeure partie de l'arête supérieure des Clochettes et de la rive droite du vallon de Laurichard).

Elles sont composées d'une pâte très fine quartzo-feldspathique et phylliteuse qui peut localement devenir prépondérante, englobant de petits yeux ovoïdes feldspathiques ou quartzeux étirés dans le plan de schistosité. Au microscope, la trame montre de la biotite abondante, d'origine, au moins en partie, détritique ; les yeux sont cassés et recimentés par de l'albite et du quartz.

Chimiquement (analyse 449, tableau n° 2) ces porphyroïdes se rapprochent des rhyolites précédentes : $K_2O > Na_2O$, très forte teneur en SiO_2 .

$\rho\zeta b$. **Porphyroïdes psammitiques.** Cette nomenclature marque là aussi l'origine double de ces roches, qui dérivent en partie de produits volcaniques, comme dans le cas précédent, et en partie de produits détritiques très riches en biotite.

C'est une roche dont on rencontre des niveaux dans tout le complexe. Les plus beaux exemples se trouvent sur l'arête des Clochettes, où ils sont en niveaux de quelques mètres d'épaisseur entre les rhyolites et les porphyroïdes arkosiques et à la pyramide de Laurichard, où le faciès, à biotite très chloritisée, est un peu plus clair.

Le faciès courant est celui d'un gneiss : alternance millimétrique ou plus de feuillets leucocrates (plages de quartz et feldspaths finement œillés) et de feuillets sombres (lits surtout biotitiques).

La stratification est souvent reconnaissable, soulignée par les variations granulométriques des yeux, dont la taille va de 0,1 mm à quelques centimètres. Dans ce dernier cas, il s'agit d'un faciès conglomératique. Son gisement type est situé sur l'arête nord du pic central de Combeynot, au-dessus du Lautaret à 2 450 m d'altitude.

En lame mince on retrouve dans les porphyroïdes psammitiques les mêmes éléments que dans les porphyroïdes arkosiques, mais avec un net accroissement de la quantité de biotite. Ces dernières sont de deux types : les unes, les plus abondantes, en grandes baguettes allongées dans le plan de stratification, sont d'origine détritique ; les autres, en très fines paillettes, sont formées aux dépens des premières.

Chimiquement, cet apport biotitique se traduit surtout par l'augmentation de la teneur en FeO, MgO et K₂O et par la diminution corrélative de la teneur en SiO₂ (analyse 474, tableau n° 2).

§w. **Grauwackes.** Ce terme a reçu des significations différentes d'un auteur à l'autre. Il a été pris ici comme terme de référence les grauwackes du faciès Culm des Vosges méridionales (Cl. Gagny, 1962). Ces roches correspondent aux faciès cartographiés par P. Termier (feuille 1/80 000 Briançon) sous le nom de *cornéennes du Tabuc*. Elles n'affleurent que dans la partie est du Combeynot, aux rochers de Guerre, au-dessus du village du Lauzet.

Ce sont des roches de couleur toujours sombre, à grain très fin (« grauwackes-lutites ») ; la stratification est fine, millimétrique, soulignée par des alternances monotones de faciès très fins et de faciès un peu plus grossiers. Au microscope, on voit une trame faite de biotite brun-acajou, orientée régulièrement selon la stratification de la roche, légèrement décolorée sur sa bordure ; dans cette trame on distingue de petits éléments anguleux ou ovoïdes, quartzeux ou feldspathiques, moulés par les biotites. Il y a quelques recristallisations de pyrite, de quartz, plus rarement de chlorite.

Métamorphisme. La nature particulière des formations du Combeynot leur confère, à première vue, un aspect de roche fortement recristallisée. En réalité, l'empreinte métamorphique est assez faible ; les minéraux développés au cours des recristallisations sont de petite taille, souvent peu abondants ; il s'agit de quartz, d'albite, de biotite en fines paillettes, de muscovite (séricite), de chlorite et d'épidote. Il s'agit donc d'un *faciès schiste vert*, dont le type est assez difficile à préciser faute de bons minéraux typomorphes.

Age du complexe volcano-sédimentaire et de son métamorphisme. Ce complexe, isolé tectoniquement, est difficile à dater : il est anté-triasique. La filiation apparente rhyolite—granite permet d'envisager une pénécotemporanéité de ces deux formations ; le complexe volcano-sédimentaire serait donc permo-carbonifère. Compte tenu des grandes analogies avec les faciès volcano-détritiques du Culm vosgien, un âge dévono-dinantien est aussi plausible. Il est cependant très hypothétique.

L'âge du métamorphisme est également mal connu : on le date généralement de l'Hercynien ; on peut cependant se demander si les recristallisations observées dans le massif du Combeynot ne sont pas en grande partie liées au cycle alpin, puisque les conditions d'apparition du faciès schiste vert ont existé aussi à l'Alpin dans le massif des Écrins-Pelvoux.

Tableau n° 2 — Analyses chimiques de quelques roches-types du massif du Combeynot

n°	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	H ₂ O ⁺
398	72.90	12.75	1.45	0.30	0.75	0.85	2.30	6.20	0.20	0.30	0.05	1.00
397	75.10	12.25	1.55	0.70	0.70	0.90	2.10	5.50	0.20	0.10	0.05	0.85
391	76.25	12.10	0.55	0.90	1.05	1.35	3.90	4.05	0.15	0.05	0.05	0.35
480	65.65	15.55	0.75	2.55	3.45	2.40	3.15	3.75	0.50	0.40	0.05	2.50
449	77.60	11.50	0.65	0.25	0.45	1.35	2.50	3.70	0.10	0.25	—	0.75
474	58.85	16.30	2.30	4.85	5.05	1.40	1.80	5.40	0.70	0.45	0.15	2.40
443	65.30	15.50	1.45	4.90	1.95	2.30	2.40	2.35	0.70	0.15	0.05	2.25

Analyses faites par voie humide au Laboratoire de Géologie, Grenoble. 397 et 398, in A. Barbiéri, 1970 ; 391, 480, 449, 474 et 443, in J.C. Lacombe, 1970.

398 : granite à gros grain, vallon du Tabuc — 397 : microgranite, vallon du Tabuc — 391 : rhyolite blanche, 2 200 m, base de l'arête des Clochettes — 480 : rhyodacite, montagne de la Cime, vallon de l'Éychauda (en dehors du cadre de la feuille La Grave) — 449 : porphyroïde arkosique, arête des Clochettes — 474 : porphyroïde psammitique, rocher des sources de la Guisane, alt. 2 350 mètres — 443 : grauwacke, extrémité ouest du rocher de Guerre, alt. 2 450 mètres.

TERRAINS SÉDIMENTAIRES ET VOLCANIQUES

Zone dauphinoise.

h4d-5a. **Carbonifère supérieur. Conglomérats, grès, schistes.** Le Houiller des Grandes Rousses est effondré dans des accidents de socle (*synclinal de l'Herpie, accident médian, synclinal oriental*) ; de ce fait, son contact discordant sur les roches métamorphiques est rarement visible. La seule zone où il l'est, encore a-t-il fortement glissé, se trouve aux Côtes Rivets, au pied du glacier de Sarenne.

Ce sont des schistes noirs micacés, des grès et conglomérats roses, en gros bancs alternants, à stratification irrégulière ou lenticulaire.

Des flores ont été trouvées aux mines de l'Herpie (feuille Vizille), ainsi qu'au refuge César Durand (feuille Saint-Jean-de-Maurienne) ; elles indiquent le Stéphanien inférieur (*Pecopteris lamurensis, Mixoneura flexuosa, Callipteridium pteridium*).

Dans les anciennes carrières à ballast du barrage du Chambon (rive droite), un horizon épais de conglomérats sépare deux séries de schistes et de grès ; si on cherche à établir une comparaison avec ce que l'on connaît dans le bassin de la Mure, le niveau inférieur, alors équivalent de l'assise de la Faurie, serait à rapporter au Westphalien supérieur. Aucune distinction n'a été faite sur la carte.

h5τ. **Orthophyres houillers.** Le Houiller contient des passées de roches volcaniques de teinte verdâtre ou violacée : ce sont des tufs rhyolitiques ou trachytiques (*orthophyres* de P. Termier) ; ces passées apparaissent dans le Nord de la feuille ainsi que vers Le Fréney-d'Oisans.

Trias.

Il est partout très mince et discordant sur le Cristallin ou le Houiller (Croix de Cassini, en particulier) ; de plus il est souvent réduit et laminé tectoniquement (bord est des Grandes Rousses).

tQ. **Grès et conglomérats de base.** Le Trias débute par des conglomérats de base ou des grès quartziteux clairs. Les conglomérats n'ont guère plus d'un mètre à Mizoën, dans le torrent du Ferrand, où ils sont surmontés d'une arkose de 80 centimètres. Au plateau d'Emparis (chalet de la Lauze) ou au Plan de l'Alpe de Villar-d'Arène (Rif de la Planche), les grès ont une dizaine de mètres et aux Fréaux, un peu avant La Grave, quelques décimètres. Dans les Grandes Rousses, les arkoses claires à grains de quartz sont souvent vacuolaires avec des niveaux dolomitiques et des niveaux ferrugineux scoriacés noirs (quelques centimètres à quelques mètres).

tD. **Dolomies et calcaires dolomitiques (« Muschelkalk »).** Des dolomies bleues ou grises, à patine rousse, en gros bancs (*dolomies-capucins*), un peu gréseuses à la base, surmontées de calcaires dolomitiques gris clair ou ocre constituent souvent l'essentiel du Trias des zones externes (30 à 40 mètres au maximum) : torrent du Gâ au Nord du Chazelet, tunnel du Chambon, plateau d'Emparis, les Fréaux. Cet ensemble, contenant souvent des brèches monogéniques, est rapporté, traditionnellement, au Trias moyen et il est difficile de savoir s'il s'agit de tout le Muschelkalk ou seulement de sa partie supérieure.

Les arkoses et les *dolomies-capucins* sont fréquemment recoupées par des filonnets de quartz blanc avec baryte et parfois pyrite (Grandes Rousses).

ts. **Cargneules, dolomies, schistes versicolores.** Au-dessus des dolomies, viennent souvent des cargneules jaunes d'épaisseur variable ou des schistes dolomitiques bariolés noirs ou bruns alternant avec quelques bancs de calcaires dolomitiques (tunnel du Chambon) attribués au Keuper.

tG. **Gypse triasique.** Des lentilles de gypse associé aux cargneules affleurent à l'intérieur de l'accident médian des Grandes Rousses, principalement entre le Périer et le col des Granges Pellorce, sur le plateau d'Emparis également. Gypses et cargneules soulignent encore les contacts anormaux dans le Pays des Arves (Cime des Torches, environs de La Grave). Leur existence en profondeur peut parfois être révélée seulement par les dépôts incrustants (sulfates de chaux) des sources (Nord-Est du plateau d'Emparis, Lautaret, La Pisse, etc.).

K³. **Spilite.** On connaît un affleurement de spilite un peu en avant du front du glacier de Saint-Sorlin et un autre à la Croix de Cassini ; tous deux situés dans l'accident médian des Grandes Rousses, ils ont une position stratigraphique mal déterminée, sommet du Trias ou base du Lias.

Lias-Dogger.

Quand il est visible, le passage Trias-Lias inférieur est très rapide et peu caractéristique. Le Rhétien n'a donc pas été individualisé sur la carte. Cependant, au Plan de l'Alpe de Villar-d'Arène (Rif de la Planche) au-dessus des calcaires du Trias moyen, on a une dizaine de mètres de schistes ou calcschistes noirs à surface luisante, alternant avec quelques bancs de dolomies rousses et de calcaires gris coquilliers. La présence de Rhétien est également probable sur le bord ouest du plateau d'Emparis, près des chalets de Voyron.

Dans le Lias, deux grands ensembles sont partout reconnaissables :

- un ensemble inférieur calcaire (= *Lias calcaire*, l1-5) correspondant aux étages Hettangien (?), Sinémurien et Pliensbachien inférieur (Carixien) dont les faciès sont tellement voisins qu'il est impossible de les individualiser cartographiquement ;
- et un ensemble supérieur plus argileux (*Lias schisteux*, l6-lj) où, par contre, il est presque toujours possible, maintenant, de reconnaître le Domérien, le Toarcien et l'Aalénien.

l1-5. **Le Lias calcaire** est constitué de calcaires compacts gris-bleu en bancs minces de 5 à 20 cm d'épaisseur, se débitant en dalles sonores, séparées par des lits schisteux tantôt assez minces, tantôt nettement plus épais que les calcaires. Les calcaires sont généralement plus développés vers le haut (Carixien ?). L'épaisseur moyenne de la formation est de l'ordre de la centaine de mètres (plus mince au plateau d'Emparis et à l'Alpe de Villar-d'Arène).

La partie inférieure (l1-2 = Hettangien ?) est formée de calcaires crinoïdiques seuls ou alternant avec des calcaires compacts ou schisteux : crête des Sauvages, région du chalet Josserand et de la montagne de la Crevasse au Nord-Ouest du plateau d'Emparis, Ouest de Mizoën avec *Cardinia* sp.

Le Sinémurien inférieur est connu à Villar-d'Arène (Côte Longue) avec *Coroniceras* cf. *Iyra* Hyatt, *Paramioceras* cf. *meridionale* Reynés, *Belemnites* sp. Le Sinémurien supérieur (Lotharingien) est attesté par *Asteroceras* sp., *Arnioceras* sp., *Echioceras raricostatum* Ziet., *Paltechioceras elicitum* Buck., *Leptechioceras* sp. (Combe de Thuit, route de l'Alpe de Mont-de-Lans, environs du point coté 2 351 à l'Ouest du plateau d'Emparis). En rive droite du Rif Tort, près du Chalet Favre, une série inverse a livré successivement : *Arnioceras* sp. et *Asteroceras obtusum* Sow. du Lotharingien inférieur, *Oxynoticeras* sp. du Lotharingien moyen, puis *Aegoceras* sp. et *Lytoceras* sp. du Carixien supérieur.

Sur le bord sud-est du plateau d'Emparis, le Lias calcaire est bien moins épais (chalet Gonon) et peut se réduire à 10-20 m de calcaires crinoïdiques (Les Fréaux, le Chazelet) ; parfois, il manque et le Cristallin est alors encroûté de brèches à ciment calcaire bleu et galets de roches cristallines et triasiques (plateau des Deux Alpes, plateau d'Emparis), suivi directement par le « Lias schisteux ».

§11-5. **Schistes cristallins mylonitiques.** Dans le versant occidental de la Croix de Cassini, existent, inclus dans du Cristallin, plus ou moins mylonitisés, de fins filons clastiques de calcaires liasiques ; des Gastéropodes et des Bélemnites y ont été trouvés et, au microscope, on reconnaît des Foraminifères, des radioles d'Oursins irréguliers et des fragments de Bivalves. Il s'agit du remplissage *per descensum* de fissures ouvertes dans le fond de la mer liasique, comme le montrent les structures d'écoulement encore visibles, acquises par la pâte boueuse au moment de sa mise en place.

l6. **Domérien (ou Pliensbachien supérieur). Schistes roux et bancs calcaires roux.** C'est une épaisse série de plus de 200 m de schistes argilo-calcaires gris clair à noirs coupée de rares bancs calcaires, prenant une teinte d'altération rousse à brun-chocolat et donnant alors des feuilletés très secs et cassants, nervurés de lits ou de grains de pyrite. La partie inférieure, très schisteuse et tendre, est de teinte plus claire. La partie supérieure plus calcaire montre une alternance de schistes et de bancs calcaires (30 à 60 cm) à cassure mate noire et à patine brune, présentant souvent des exsudations de silice. Les fossiles sont rares : à la base *Amaltheus stokesi* Sow., *Protogrammoceras* sp. (La Belle Étoile) ; plus haut : *Amaltheus margaritatus* Montf. (La Belle Étoile, chalet Coche), *Belemnites clavatus* Stahl ; dans la partie supérieure : *Pleuroceras solare* Phil. et *P. spinatum* Brug. (Est et Nord-Est de Mizoën) et de grandes Bélemnites cylindriques (*Belemnites bruguierianus* ? d'Orb.).

Près du Cristallin du Pelvoux, les formations du Domérien et du Toarcien sont très réduites et n'ont pas été distinguées sur la carte (Le Chazelet, Rivet du Pied, les Fréaux, plateau d'Emparis) (l6-8).

l7-8. **Toarcien.** Il est formé de schistes calcaires ou de marno-calcaires mal lités de teinte grise, d'une épaisseur d'environ 300 m, qu'on peut souvent diviser en deux ensembles :

- le Toarcien inférieur (l7) comprend des calcaires schisteux très tendres souvent finement détritiques ou gréseux, très noirs à la cassure mais prenant une patine brune : *Hildaites* sp., *Harpoceras* sp., *Hildoceras bifrons* Brug., *Dactyloceras* sp. dans des nodules ou à l'état de fragments limonitisés (arête sud du Querlée au Nord de Besse, route de Mizoën à l'Alp, route de Mont-de-Lans) ;
- le Toarcien supérieur (l8) est constitué de calcaire noir à grain fin, plus compact, à patine rousse donnant un ressaut (vallée de la Romanche en amont de La Grave, au-dessus des Terrasses, route de Mizoën à l'Alp). Petites Ammonites pyriteuses : *Pleydellia* gr. *aalensis* Ziet, *Cotteswoldia*, *Phylloceras*, *Dumortieria*, *Belemnites exilis* d'Orb.

lj. **Aalénien schisteux.** C'est une épaisse série (500 m environ) de schistes noirs ou bruns assez tendres presque entièrement silico-alumineux, contenant à plusieurs niveaux des nodules siliceux ou pyriteux très durs (*miches* parfois à Ammonites) et souvent des passées calcaires à la partie inférieure. Des empreintes de petites et de grandes Posidonies sont relativement fréquentes dans les schistes et dans les nodules. Les Ammonites déterminables sont beaucoup plus rares : *Phylloceras*, *Lytoceras* cf. *rasile* Vacek, *Graphoceras* (*Ludwigella*) gr. *rudis* Buck sur le flanc sud du ravin de Querly, *Phylloceras* sp. à l'Ouest de l'Alpe de Mont-de-Lans et *Ludwigia* gr. *murchisonae* Sow., *Brasilia* gr. *bradfordensis* Buck. et *Phylloceras* sp. à Côte Longue.

j1-2. **Dogger. Calcaires sableux.** Ses affleurements forment dans la zone dauphinoise deux bandes synclinales repliées sur elles-mêmes. L'une allant des Deux Alpes à la cime de la Valette par l'arête de Praouat, la deuxième du plateau d'Emparis aux Prés Nouveaux par la cime du Rachas. Cette dernière a seule été datée du Dogger. Ils sont formés de schistes avec petits bancs minces, sonores et souvent gondolés, de calcaire sableux à fine zonation claire (épaisseur 150 à 200 m) ; la calcite est fréquente ; les fossiles sont très rares, pyriteux ou noirâtres : *Normannites* sp., *Stéphanoceras* sp., *Phylloceras* sp. (près de la Tête du Vallon). Ils indiquent le Bajocien moyen.

Zone ultra-dauphinoise.

Trias

ts, tG. **Cargneules, dolomies, schistes versicolores et gypse.** Dans la zone ultra-dauphinoise, le Trias est représenté par des cargneules et des gypses parfois épais surmontés d'argilites versicolores et de dolomies jaunes (Sud du pic Mas de La Grave, pics Buffe d'en Haut, Mont-Falcon). Ces niveaux, passant vers le haut au Rhétien et à l'Hettangien, peuvent être attribués au Keuper. Les niveaux inférieurs tQ et tD sont connus, en écailles, au Nord de l'Arc (feuille Saint-Jean-de-Maurienne).

t10. **Le Rhétien** a été individualisé sur la carte au Mont-Falcon où on lui rapporte quelques bancs de microbrèches et de grès brunâtres.

Lias - Dogger

l1-5. **Lias calcaire.** Le Lias inférieur est en général plus calcaire que dans la zone dauphinoise avec des bancs épais de 15 à 30 cm se débitant en dalles sonores. Souvent très tectonisé, son épaisseur est variable mais atteint 300 m au Mont-Falcon. Là et dans la région de la Cime des Torches, on connaît à la base une alternance de schistes noirs et de calcaires compacts en petits bancs réguliers qui doivent représenter l'Hettangien (30 à 50 m).

Le Sinémurien, plus calcaire, est fossilifère au Mont-Falcon, au Petit Agnelin, aux pics Buffe d'en Haut, etc. : grands *Arietites* sp., *Pararnioceras planaries* ? Reynés, *Epammonites latisulcatus* Qu., *Arnioceras* sp. Il semble que le Lotharingien supérieur corresponde à un niveau plus tendre avec *Echioceras* gr. *raricostatum* Ziet., *Echioceras quenstedti* Schaf., *Echioceras* sp. : Coin Querellé, Crête de la Petite Buffe, ruisseau de l'Infernet. Le Carixien n'a pas été mis en évidence par des fossiles.

Au Nord-Est de La Grave (Crête du Puy Golèfre) des distinctions cartographiques ont pu être faites : le Sinémurien, divisé en deux par un niveau de spilites, comprend à la base 30 à 40 m de calcaires spathiques à Polypiers et de calcaires lités en gros bancs à Bélemnites avec *Arietites* cf. *bisulcatus* Brug. ; la partie supérieure est formée de calcaires en dalles à zones siliceuses et Bélemnites (l3-4). Le Carixien montre une barre de calcaires clairs spathiques de 40 m surmontés de calcaires bleutés en dalles régulières à zones siliceuses jaunâtres (60 m) datés par un jeune *Tropidoceras* sp. (l5). Près du col de Côte Plaine ont été trouvés *Arnioceras miserabile* Qu. et de nombreux autres *Arnioceras*.

K³. **Les spilites**, vert foncé interstratifiés dans le Sinémurien s. str. (arête du Puy Golèfre), constituent une barre de 10 à 15 m d'épaisseur, encadrée de schistes verts ou rouges ; il s'agit de spilites typiques à albite, olivine, chlorite, calcite et oxydes de fer. D'autres affleurements sont visibles au col de Côte Plaine et en bordure de la route de Lautaret au Galibier.

l6. **Le Domérien**, représenté par des schistes noirs à patine gris clair, tendres et soyeux, et des marno-calcaires gris clair, n'a pas été séparé du Toarcien sur la carte (l6-8) au Sud du pic du Mas de La Grave ; il possède des caractères voisins de ceux de la série dauphinoise avec localement des réductions d'épaisseurs et des fossiles phosphatés : *Amaltheus subnodosus* Y et B, *Arietoceras* sp., *Lytoceras* sp. au Nord-Ouest du col de l'Infernet, *Pleuroceras* sp. et grandes Bélemnites au Sud des pics Buffe d'en Haut.

l7-8. **Toarcien.** Les divisions du Toarcien en deux ensembles n'ont été retrouvées qu'entre le col de l'Infernet et le torrent de Martignare où deux niveaux plus calcaires sont marqués dans la topographie : le premier contient *Hildoceras bifrons*, le deuxième, moins constant, correspond à la partie supérieure de l'étage (barre à *Dumortieria* ?).

Au Nord-Est de La Grave, *Hildoceras bifrons* a été recueilli au hameau de Valfroide, à La Saulce.

Au Sud du Mont-Falcon, au Fond de Valfroide, on retrouve au-dessus du Lias

calcaire une épaisse série (600 m, sans doute redoublée) de calcaires gris assez sableux, bien lités, alternant avec des passées plus schisteuses, divisée en deux par un niveau de schistes noirs (niveau a) (16-8).

lj. **Aalénien schisteux.** La lithologie reste voisine de celle de la zone dauphinoise, mais les Ammonites sont plus fréquentes. Au Sud du col de l'Infernet, la partie inférieure de l'Aalénien est plus calcaire (ljc) et a donné : *Leioceras comptum* Rein., *Costileioceras* sp., *Ancolioceras subacutum* Quenst., *Tmetoceras hollandae* Buck. (base de la zone à Murchisonae). Au-dessus, les schistes tendres à nodules siliceux contiennent *Ludwigia wilsoni* Buck., *L. pustulifera* Buck., *L. gr. murchisonae* Sow. A l'Est du Chazelet (cote 2 123) et au col de Martignare on a surtout des formes du sommet de la zone à Murchisonae : *Brasileia baylei* Buck., *B. similis* Buck., *Ludwigella* cf. *cornu* Buck. Par contre sous le col des Masses (point 2 107) on a récolté : *Leioceras* cf. *uncinatum* Buck. du sommet de la zone à Opalinum (Aalénien inférieur).

j1-2. **Le Dogger** forme une bande bien continue depuis le col d'Arsine jusqu'au bord nord du domaine de la feuille, avec des alternances de schistes marneux ou de marnes et de calcaires sableux souvent micacés en bancs de 40 à 50 cm à patine gris jaunâtre ou violacée ; l'épaisseur est supérieure à 200 m, les fossiles sont rares : un petit *Sphaeroceras* pyriteux (arête Puy Golèfre), *Cancellophycus* (versant ouest, col du Bonhomme). La bande est bien datée au Sud, au col d'Arsine sur la feuille Saint-Christophe-en-Oisans (gisement connu depuis Haug).

Parfois certains bancs sont plus spathiques avec des articles de Crinoïdes pentagonaux ou circulaires et de petite taille (*Balanocrinus inornatus* d'Orb.).

On connaît aussi une empreinte de *Palaeodictyon* (réseau polygonal d'Algue) récoltée à l'Ouest du Gros Grenier (Nord de la feuille), près du point coté 2 588.

A l'Est du col de Martignare des calcaires marneux ont donné une faune du Bajocien supérieur et du Bathonien inférieur (coll. Kilian et Revil, coll. Laurent) : *Parkinsonia parkinsoni* Sow., *P. gr. neuffensis* Oppel, *Gonolkites subgaleata* Buck., *Procerites* sp., *Nannolytoceras tripartitum* Rasp.

Jurassique supérieur

j3-6. **Callovo-Oxfordien. Marnes à accidents siliceux.** Au-dessus des calcaires sableux vient une série de marnes noires finement micacées, se débitant en plaquettes avec de petits lits siliceux verdâtres ou brun-rouge, des chailles et des nodules siliceux noirs parfois fossilifères. Vers le haut, ces marnes acquièrent des bancs plus réguliers, plus épais et plus calcaires.

Cette formation n'est représentée que dans la moitié nord de la feuille.

Elle a fourni quelques Ammonites : *Holcophylloceras* gr. *mediterraneum*, *Properisphinctes* sp., *Perisphinctes* sp., une empreinte de *Dichotomosphinctes* indiquant tous l'Oxfordien inférieur et moyen sans précision et deux exemplaires d'*Arisphinctes* sp. de la zone à Plicatilis de l'Oxfordien moyen.

On admet que le Callovien, non reconnu paléontologiquement, correspond à la partie inférieure de cet ensemble tendre, mais il pourrait aussi bien débiter au sommet de l'ensemble calcaire sous-jacent.

j7-9. **Kimméridgien-Tithonique. Calcaire fin, gris.** Très localement, au pied des Aiguilles de la Saussa, des Aiguilles d'Arves, de la Tête des Masses, la série oxfordienne se poursuit par des calcaires sublithographiques noirs, à patine grise, en gros bancs alternant avec des dalles et plaquettes plus schisteuses. On y connaît, en dehors des *Aptychus* (*Punctaptychus* cf. *punctatus* Voltz), des Radiolaires et des Calpionelles indiquant le Malm supérieur.

Flysch des Aiguilles d'Arves

Il est classiquement subdivisé en quatre ensembles passant progressivement de l'un à l'autre et avec des épaisseurs et une continuité variables.

8Cg. **Grès et conglomérat de base.** Le conglomérat de base est très polygénique, à passées de galets bien roulés de taille variable alternant avec des grès plus ou moins grossiers ; les galets sont issus de tous les terrains sous-jacents : galets de Lias (déjà cités par Ch. Lory), calcaires noirs du Malm, andésites verdâtres ou rougeâtres, spilites, roches cristallines (provenant surtout des Grandes Rousses).

Il est très épais aux Aiguilles d'Arves (environ 600 m) mais se réduit rapidement tant vers le Nord que vers le Sud (quelques centimètres ou décimètres à Côte Plaine) ; ces variations d'épaisseur évoquent un dépôt deltaïque en bordure des massifs cristallins externes.

Il est transgressif sur des termes très variables allant du Malm au Cristallin (tectonique *arvinche*).

8C. **Flysch calcaire.** Au-dessus vient une alternance de gros bancs calcaires (sableux dans la région de Valloire) et de schistes gris-bleu à patine jaune. Ce flysch calcaire dont on peut estimer l'épaisseur à 400 m au Nord de la feuille disparaît vers Côte Plaine, mais réapparaît en arrière du Combeynot. On peut y trouver des Orthophragmines et des Nummulites mal déterminables à part *Nummulites incrassatus* indiquant le Priabonien.

8S. **Flysch schisteux.** Au Nord du pic des Trois Évêchés, au-dessus du flysch calcaire, on a une épaisse série schisteuse où dominent les schistes siliceux noirs et luisants avec des bancs de grès fins et quelques passées de schistes marneux (flysch schisteux), 500 m environ au Nord de la feuille.

8G. **Le flysch gréseux** correspond à une alternance de gros bancs de grès assez grossiers (quelques petits galets) et de schistes, à granoclassement et figures de base de bancs (route du Lautaret) (au moins 500 m) ; au Sud des Trois Évêchés, flysch schisteux et flysch gréseux s'homogénéisent et le dernier terme devient prédominant.

Au Nord de Valloire, à Albanne (feuille Saint-Jean-de-Maurienne), un niveau de quelques mètres de schistes et de calcaires noirs, intercalés au sommet des grès, a fourni de petites Nummulites et des Orthophragmines donnant un âge priabonien pour le sommet du flysch des Aiguilles d'Arves ; dans la vallée de l'Arc, à Villarclément, de petites Nummulites ont encore été trouvées à la base du flysch. L'âge du conglomérat de base est mal précisé, il pourrait être lutétien.

ρ. **Rhyolites du Goléon** (anciennement andésites). A la base du conglomérat des Aiguilles d'Arves, au pied du versant ouest de la montagne du Goléon, existe un affleurement unique de roche volcanique. C'est une roche schisteuse verte noyant des nodules très durs verdâtres ou rougeâtres. L'examen microscopique des nodules montre des phénocristaux de plagioclases très altérés, d'oxyhornblende, de pyroxène, d'olivine et d'oxydes ferro-magnésiens dans une pâte à microlites de plagioclases, de chlorite, de séricite, d'albite, de magnétite et d'hématite. L'analyse chimique donne une composition de rhyolite, mais sans quartz et orthoclase exprimés, donc de *dellénites*.

Des galets de composition voisine ont été retrouvés dans le conglomérat miocène des environs de Grenoble (J. Bocquet). Analyse chimique (Institut Dolomieu, 1966) : SiO₂ : 62,00 ; Al₂O₃ : 16,80 ; Fe₂O₃ : 4,50 ; FeO : 0,50 ; MnO : 0,05 ; MgO : 1,50 ; CaO : 2,45 ; Na₂O : 5,10 ; K₂O : 2,85 ; TiO₂ : 0,60 ; P₂O₅ : 0,25 ; H₂O : 3,60. Paramètre : I(II)4'.2.4.

ZONES INTERNES

ZONE SUB-BRIANÇONNAISE

Pour des raisons tectoniques, la zone sub-briançonnaise débute en général, dans les limites de la feuille, au Trias supérieur. Cependant on connaît le Trias calcaro-

dolomitique (tc) au Nord du col du Galibier, dans la vallée de la Valloirette, près de Bonne-nuit et aux environs de Valloire. La coupe du rocher de Ratamore montre, à la base, des calcaires gris, suivis d'une alternance de calcaires et de dolomies, couronnés d'une série de dolomies grises ; l'ensemble ne dépasse pas une quarantaine de mètres et rappelle beaucoup le Trias Briançonnais.

tG, tk. **Gypse et cargneule** sont largement représentés au bord ouest de la zone sub-briançonnaise, au Sud-Est du Lautaret, à la Haute-Parée, la Rivine et à Pointg Ravier où ils emballent diverses écaillés de Rhétien, Lias, Jurassique et Crétacé supérieur.

t10. **Rhétien. Schistes versicolores.** On rapporte au Rhétien un seul petit affleurement, à Pointg Ravier : dolomies rousses et grises associées à des schistes dolomitiques noirs.

l1-2. **Hettangien. Calcaires à Pecten.** L'Hettangien serait représenté, à la Haute-Parée seulement, par 30 à 40 m de calcaires gris clair, un peu dolomitiques, zoogènes, à Pecten et Gastéropodes.

Mais, en général, le Lias, sur des arguments seulement lithologiques, a été divisé en deux ensembles rapportés au Lias inférieur et au Lias supérieur sans attribution d'étages :

li. **Lias inférieur. Calcaires à silex.** L'ensemble calcaire *Lias inférieur* est constitué, dans la digitation du Petit Galibier (base du rocher du Fontenil, Guisane), de calcaires dolomitiques gris bleuté, spathiques et à silex blonds, coupés de quelques vires calcschisteuses (quelques mètres) et, dans la digitation Lauzet—Roche Olvera, de 200 à 250 m (Haute-Parée) de calcaires massifs gris-noir, spathiques, à gros rognons de silex et à patine très claire.

ls. **Lias supérieur. Calcschistes bruns zoogènes.** L'ensemble schisteux *Lias supérieur* donne une zone de vires ou de couloirs, correspondant à des calcschistes zoogènes gris ou rosés au Fontenil (10-15 m), ou à des calcaires zoogènes à patine rousse et des calcschistes bruns, jaunes et rosés souvent spathiques ou noirs et très marneux à la Haute-Parée ou à la Roche Olvéra (140 m environ) ; des Nérinées allongées et fines s'observent dans les calcschistes du cœur de la charnière du Lauzet et à la Haute-Parée.

jm. **Calcaires organo-détritiques — jcc. Calcaires plaquetés et calcschistes à Cancellophycus.** Le Dogger se divise en général en une barre calcaire (Bajocien ?) et une série plus schisteuse à *Cancellophycus* rapportée au « Bathonien-Callovien » (jcc) :

— Petit Galibier, calcaires clairs ou gris zoogènes à *Calamophyllia radiata* (maison cantonnière des Sestrières, route du Lautaret ; 50 m visibles) suivis de calcaires marneux ou de calcschistes gris à *Cancellophycus* (20 m) ;

— Lauzet-Roche Olvera : calcaires à pâte fine en gros bancs gris-noir à débit en plaquettes et patine très claire avec des passées zoogènes rosées (Polypiers, Crinoïdes, radioles d'Oursins), oolithiques ou microbréchiques (150 m environ) surmontés de calcaires marneux gris-noir à patine gris bleuté alternant avec des calcschistes à empreintes de *Cancellophycus* (200 à 250 m).

jBr. **Brèches du Télégraphe — jo. Schistes noirs.** A l'Oxfordien est attribuée la formation dite des Brèches du Télégraphe (jBr) surmontée d'une série de schistes noirs (jo). Dans la digitation du Petit Galibier, à Plan Paradis, les brèches grises à éléments dolomitiques et calcaires ont une épaisseur de 80 m et sont suivies d'une centaine de mètres de schistes noirs silico-alumineux à petits bancs siliceux brunâtres. Par contre, dans la digitation du Lauzet, le niveau de brèches est plus diffus ou même absent (Roche Olvera) et comporte des bancs calcaires plus ou moins détritiques à lits de microbrèches et quelques passées de brèches (granges Thymelet, rive gauche de la Valloirette vers 1900) (40 m).

js. **Calcaires clairs ou calcaires et calcschistes à zones siliceuses.** Jurassique supérieur, calcaire, représenté soit par des calcaires pélagiques gris clair ou crème à Calpionelles (granges Claret au Nord-Est de la Roche-Olvera), soit par des calcschistes rouges et verts (Argovien ?) parfois sableux et des calcaires gris (*Calpionelles*) à zones siliceuses sombres à Radiolaires (Plan Paradis) (50 à 80 m).

n. **Calcaires gréseux à microbrèches.** On passe au Néocomien par des bancs calcaires plus épais ; des zones siliceuses plus fréquentes et des lits de microbrèches brunes apparaissent (Collet de Plan Nicolas) : 100 à 200 mètres.

ec. **Calcschistes.** Au Crétacé supérieur—Paléocène, la série redevient plus argileuse avec des calcschistes épais en plaquettes, gaufrés et tordus, aux teintes vives rouges et vertes à la base (abondance de Rosalines et Globigérines), devenant uniformément grisâtres ; parfois, vers le haut, les calcschistes sont jaunâtres et très sableux (ecG) (pic Blanc du Galibier).

ef. **Flysch (Lutétien—Priabonien).** Les séries sub-briançonnaises se terminent par des grès micacés jaunes à roux et des schistes noirs souvent difficiles à distinguer de l'Oxfordien schisteux ; on y relève des grès quartzites verdâtres et des lentilles bréchiques ; quelques Nummulites y ont été observées.

ZONE BRIANÇONNAISE

Elle comporte des terrains siliceux (Carbonifère à Trias inférieur) et des terrains calcaro-dolomitiques (Trias moyen).

Le Houiller est présent sur le bord oriental de la feuille ; c'est une série monotone de grès quartzites, grès micacés, schistes micacés et lentilles conglomératiques vers le haut. Des couches de charbons s'y rencontrent partout sauf dans le Stéphano—Permien, ainsi que des roches volcaniques disposées en filons-couches ; la flore permet seule, localement, d'y distinguer le Namurien, le Westphalien A, le Westphalien C et le Stéphano-Autunien.

h3. **Schistes et charbon. Le Namurien** ou *assise de Pasquier* est le plus ancien terrain sédimentaire connu et daté des Alpes françaises ; les schistes et grès à niveaux productifs ont fourni *Sphenopteris fragilis* Schloth., *S. dubuissoni* Brongn., *Rhodea moravica* Stur., *Mariopteris acuta* Brgt. caractéristiques du Namurien supérieur à l'Est de l'Aiguillette du Lauzet et près du pic de la Bruyère (bas versant du col du Chardonnet, vallon du Rif et Clos des Vaches) ; on en connaît 100 à 200 mètres.

h4a. **Le Westphalien A** ou *assise de la Benoîte* correspond à une puissante assise productive (environ 500 m au Chardonnet) à *Neuropteris schlehani* Stur. et *Mariopteris acuta* ; au Nord du pic de la Bruyère (chemin de la Ponsonnière), on connaît *Sphenopteris hoeninghausi* et au col de la Ponsonnière *Sphenopteris (Corynepteris) coralloides* et *Alethopteris (Corynepteris) essingi* ; il existe encore au lac des Cerces, au Collet de la Fourche et au pied de Roche Colombe.

h4c. **Le Westphalien B** n'a pas pu être caractérisé paléontologiquement bien qu'il soit sans doute présent ; par contre le **Westphalien C**, *assise de la Madeleine*, a été reconnu par de nombreuses empreintes de *Neuropteris linguaefolia* : assise productive au pied sud-est du pic de la Bruyère (mine des Petites Chalanches) et dans la région de Valloire (le Chezlu avec *Corynepteris sternbergi*, *Sphenopteris* sp., feuilles de Lépidophytes et de Cordaïtes ; les Charbonnières) et au sommet du Crêt du Quart (500 m environ).

μη. **Microdiorite.** Le Houiller briançonnais contient de nombreux sills de roches intrusives ; ce sont des microdiorites quartziques ou non, de teinte verte, à teneur en alumine constante, riche en soude ou en chaux, pauvres en potasse et en ferromagnésiens. Les phénocristaux sont des plagioclases et des amphiboles souvent altérés ; la pâte est faite de plagioclases, feldspaths, chlorite, quartz, séricite. Elles sont

interstratifiées sous forme de filons-couches mis en place à la faveur des niveaux de charbon transformé à leur contact en coke naturel ; on est ici tout près du centre éruptif supposé de la Cée Haute (bord ouest de la feuille Névache) où les sills sont très nombreux et où on retrouve une *diorite* quartzique à structure presque grenue. Ces émissions se sont produites entre le Westphalien D et le Néopermien.

h5-r1. Stéphanio-Permien inférieur. Schistes versicolores, calcaires, tufs. Au Nord de la Ponsonnière, les couches productives du Westphalien supérieur daté passent à des couches stériles beaucoup plus conglomératiques avec intercalation de schistes versicolores verts et rouges et des bancs calcaires et de dolomies (Montissot, l'Archa). Cette série, qui n'existe sur la feuille qu'à l'E.S.E de Valloire et sur les rives du torrent de la Neuvachette, repose à Roche-Château (feuille Névache) et à Courchevel (feuille Moutiers) sur une assise conglomératique datée du Stéphanien B et elle est séparée du Permien supérieur (assise de la Ponsonnière, de Rochachille) par la discordance saalienne.

ρα. Dacite. Dans le vallon de la Ponsonnière entre le Stéphanio-Autunien et le Néopermien, on observe une coulée de porphyrite, compacte, de teinte rouge violacé ou verte (20-30 m) ; c'est une roche assez voisine des microdiorites et de l'andésite du Guil et les analyses la classent dans les plagioclasolites quartzites proches des dacites : CIPW Lacroix = 11,4', 4' ; $4[2(3.1.3.2.(3))]$, Or/Plag. = 0,0067, % An = 77,1, bary = 20,98.

r2. Assise de la Ponsonnière attribuée par position au Néopermien inférieur. Argilites, conglomérats, ignimbrites. Dans le vallon de la Ponsonnière apparaît au-dessus des dacites une série rouge violacé ou lie-de-vin à grès grossiers, schistes gréseux, arkoses, conglomérats (surtout galets des coulées sous-jacentes, dacite, microdiorite ?, et plus rarement du Houiller et du Cristallin) et rares accidents carbonatés (100 à 200 m). Elle est connue sur tout le pourtour du massif des Sétaz, les versants de la Neuvachette et au-dessus de l'Archa (Est de Valloire) où sont visibles quelques bancs calcaires mais elle ne dépasse pas au Sud le col de la Ponsonnière.

ρ. Rhyolitoïdes. Une coulée quartzifère couronne l'assise de la Ponsonnière (30 à 50 m), roche acide et potassique, pauvre en phénocristaux de quartz (rhyolitoïdes) ; la base de la coulée montre des figures de fluidalité et le sommet des vacuoles ; c'est une roche d'épanchement voisine des *liparites* du Verrucano.

rt. Permo-Trias ou Verrucano des auteurs. Conglomérats quartzitiques, schistes versicolores. Un conglomérat quartzitique clair à dragées de quartz coloré mal calibré, galets de Houiller, de *liparites* (roche éruptive acide) violacés et jaspes rouges, coupé de pélites rouges ou vertes, constitue les couches de passage du Permien supérieur au Trias. L'épaisseur de cette formation est variable (20 m au col de la Ponsonnière) et elle représente seule le Permien au Sud de la Ponsonnière où existe donc une lacune de sédimentation s'étendant du sommet du Westphalien C au Néopermien supérieur (base des falaises dominant la Guisane et klippes de la route du Galibier).

tiQ. Werfénien inférieur. Quartzites. Le Verrucano passe, par quelques mètres de grès quartzitique grossier à dragées de quartz surtout rose, à une série monotone de quartzites blancs à patine vert bronze bien lités montrant localement des *ripple marks* et des stratifications entrecroisées, rapportés au Werfénien inférieur par position ; le sommet est parfois rubéfié et verdi et leur épaisseur est variable par suite de réduction tectonique ou stratigraphique (50 à 300 mètres).

tis. Werfénien supérieur. Schistes dolomitiques, cargneules. Entre les quartzites et la masse calcaréo-dolomitique du Trias moyen s'individualise une mince *vire jaune* (10-30 m) due à de petits bancs dolomitiques jaunes ou bruns, des schistes *dolomitiques* verts et noirs à surface luisante ou membraneuse, accompagnés de cargneules plus ou moins développées (La Sétaz des Prés) ; on l'attribue au Werfénien supérieur.

tmc, tmd. **Anisien, Ladinien. Calcaires dolomitiques, dolomies.** Dans les limites de la feuille, la majeure partie du Trias moyen Briançonnais est constitué par une puissante falaise (300 à 500 m de haut) de calcaires et de dolomies où il est difficile de relever des coupes détaillées (massifs de l'Aiguillette du Lauzet, Roche-Colombe, Grand-Galibier, Sétaz) ; on y retrouve cependant de bas en haut :

- des calcaires dolomitiques jaunes à vermiculaires et boudins bleu-noir bien lités associés à des bancs dolomitiques jaunes et des schistes verts et jaunes. On y connaît aussi des calcaires en plaquettes marmoréens à pâte fine gris-blanc ou rosés (base ouest et sud-est du pic de la Bruyère) ; la présence de *Dadocrinus gracilis* les datent de l'Anisien inférieur (une dizaine de mètres) ;
- des alternances de calcaires dolomitiques gris et de dolomies claires, grises ou jaunes, coupées de quelques niveaux à oolithes et silex blonds encore rapportées à l'Anisien inférieur (100-150 m) ; des joints stylolithiques rouges sont visibles dans les calcaires ;
- un ensemble plus massif de calcaires gris-noir à rares passées dolomitiques ; à la partie supérieure des niveaux à oolithes et des zones siliceuses blondes peuvent livrer des Physoporelles (*Physoporella praealpina*, *Ph. minutula*) (Grand-Galibier) de l'Anisien supérieur (100 m) ;
- le niveau coloré dit *d'émersion* manquant ici (ou n'a pas pu être repéré), on passe sans transition à une alternance de calcaires gris et de dolomies blanchâtres distribués en passées de quelques mètres (une centaine de mètres) ; la présence de *Diplopora* cf. *briançonnensis*, *Encrinus liliiformis*, Bivalves et Gastéropodes (versant ouest de la Pointe Lacha) les font rapporter au Ladinien inférieur (?). Ces 4 niveaux sont notés tmc sur la carte ;
- dolomies divisées en trois groupes (grise, blanche, grise) souvent bréchifiées par remaniement syndiagénétique (50-80 m) ; ce niveau est bien repérable au sommet des falaises, dominant la Guisane ou le pays de Valloire (tmd).

ts. **Brèches, dolomies et schistes versicolores « post-ladiniens ».** Parfois le Trias se termine par un niveau mince de brèches à ciment dolomitique jaune ou rouge vif (Grand-Galibier, Aiguillette de Lauzet) ; le plus souvent les dolomies grises du Ladinien supérieur passent à des formations colorées et de lithologie variée : dolomies gris pâle bien litées, schistes dolomitiques noirs et enfin des brèches schisteuses à galets de dolomies et de calcaires noirs, blancs ou rosés souvent étirés et flexueux et ciment argilo-dolomitique jaune et vert (Grand-Galibier est, environs du col des Rochilles, les Sétaz) ; des bancs de calcaires bleutés peuvent s'y associer (versant est du Grand-Galibier) ; au Collet de la Plagnette (col des Rochilles), on connaît un niveau remarquable de pélites noires et luisantes à lentilles bréchiques (traces d'allure végétale) de 60 à 80 m d'épaisseur.

Cet ensemble de faciès, azoïque, est rattaché à la base du Carnien dans les coupes du Trias Briançonnais où la présence de Trias supérieur complet a été reconnu.

tG, tK. **Les gypses et cargneules** qui peuvent provenir du Werfénien supérieur ou du Carnien ont le plus souvent migré tectoniquement et se sont injectés le long des contacts anormaux (écaillés Briançonnaises du Galibier) ou dans les fissures du Trias calcaro-dolomitique (massif de la Sétaz).

jm. **Jurassique moyen. Calcaires organo-détritiques.** Le Jurassique moyen, présent au Nord du Roc Termier seulement (lac Blanc, massif des Sétaz), débute par des brèches à éléments roulés surtout calcaires, assez semblables aux brèches terminant le Trias ou bien repose directement sur les dolomies par l'intermédiaire d'une microbrèche : bancs calcaires noirs fétides très *plaquetés* souvent zoogènes et microbréchiques gris-noir ou un peu rose violacé à débris de Brachiopodes, Gastéropodes, Bivalves, Oursins, entroques et Bélemnites ; *Lima cardiiformis* Sow., *L. (Plagiostoma) schimperi* Branco, sont des fossiles du Bathonien Briançonnais ; 30 m environ (4 m aux Rochers Plats du lac Blanc, Grand-Galibier).

jBr. Brèches jurassiques — js. Calcaires blancs et calcaires noduleux : Jurassique supérieur. Le Malm est représenté par trois faciès regroupés sur la carte en deux termes : brèches et schistes rouges très fréquents et souvent seuls (jBr), calcaires noduleux et calcaires blancs massifs, très peu épais (js). La brèche, à ciment calcaire fin blanc ou rosé avec par place des poches de pélites calcaires rouges, à galets triasiques (quartzites très rares) pouvant atteindre jusqu'à 50 cm, est très développée dans le vallon du Grand-Lac de la Ponsonnière, dans la région du col des Rochilles et dans les klippes de la route du Galibier. Le calcaire noduleux rouge et gris (*marbres de Guillestre* des auteurs) à Bélemnites, *Aptycus*, entroques et rares Ammonites (lac Termier) est peu épais (quelques mètres au plus) et recèle parfois des galets triasiques rubéfiés et silicifiés en surface et des croûtes ferrugineuses (Grand-Lac, lac Blanc, lac Termier) ; il est surmonté de calcaires sublithographiques blancs ou crème, également très peu épais (2-3 m) renfermant des Calpionelles (*Calpionella elliptica*, *C. alpina*), Saccocomidés, Radiolaires, Bélemnites, Ammonites (*Perisphinctes* sp.) et des *Aptycus* (*Aptycus beyrichi* Zitt., *A. punctatus* Volz.) au Sud du Grand-Lac, à l'E.NE du Roc Termier et à l'Est du lac Termier.

ec. Calcschistes néocrétacés-paléocènes — ecBr. Brèches néocrétacées. Terminant la série briançonnaise dans la région, des calcschistes fins très plissotés (« marbres en plaquettes » *auct.*) aux teintes vives à la base, puis rapidement jaunes, grises et parfois noires (pic La Bruyère, Aiguillette du Lauzet) sont rapportés par la microfaune (*Globotruncana*, *Globorotalia*) au Crétacé supérieur et à la base de l'Éocène (épaisseur très variable de quelques mètres à 150 m au Roc Termier) (ec) ; les niveaux inférieurs semblent correspondre au sommet du Turonien ou à la base du Sénonien. Ils sont fréquemment microconglomératiques et à lentilles de brèches et ils reposent indistinctement sur tous les terrains précédents soit par un *hard ground* (sur le Malm au pic La Bruyère, sur les quartzites werféniens au col du Galibier), soit par des brèches.

Ces dernières, d'ampleur très variable (jusqu'à 100 mètres d'épaisseur), comportent des éléments peu roulés, parfois rubéfiés du Trias, du Malm et des silex rouge vif. Des calcschistes verts, rouges et gris s'y disposent en poches (ecBr).

En plusieurs points, les brèches et calcschistes remplissent d'anciennes cavités ou dépressions de la surface triasique creusées dans le Ladinien (Les Rochilles, Est Pointe Lacha) ou l'Anisien (Pointe de la Plagnette).

j-ck. Karst jurassique — crétacé. A l'Est de Roche-Colombe (et peut-être en certains points de la klippe de la route du Galibier), le Trias calcaire est sillonné très profondément de fissures et de poches à remplissage de schistes rouges, silex rouges et brèches (galets de Malm par places) dont l'âge est incertain et qui peut remonter au Malm ; l'époque de formation de ce karst est également inconnue et peut s'étendre du sommet du Trias au Néocrétacé.

FLYSCH A HELMINTHOÏDES

Aux abords immédiats du col du Galibier et un peu à l'Est, sous la Pointe de la Mandette (Pointe de la Tête Noire, sur les cartes) affleurent des calcaires blonds ou bleutés à pâte très fine et à traces de pistes d'Helminthoïdes (5 m) surmontés d'une vingtaine de mètres de schistes noirs très contournés à bancs de grès roussâtres ; cette formation, encadrée de calcschistes néocrétacés, est considérée comme un témoin de la nappe du flysch à Helminthoïdes de l'Embrunais. Un peu au Nord du tunnel du Galibier on a aussi retrouvé des schistes siliceux rouges et verts et des petits bancs bruns, manganésifères, inclus dans le flysch noir sub-briançonnais et évoquant le complexe de base du flysch à Helminthoïdes.

QUATERNAIRE

Les formations glaciaires ont été subdivisées d'après leur âge ou d'après leur lithologie.

G. **Placage glaciaire mêlé aux éboulis locaux de pente**, plus ou moins glissé, sans formes définies.

GWR, GWP. **Dépôts glaciaires wurmiens locaux d'origine déterminée**. Ils recouvrent les gradins orientaux des Grandes Rousses, au col de Sarennes et au-dessus de Clavans ; ils ont été abandonnés par des débordements des glaciers des Rousses (GWR).

Plus vaste était le glacier de la Romanche alimenté par les calottes de Mont-de-Lans et du plateau d'Emparis, les glaciers du massif de la Meije ou encore par le glacier Lombard ; on retrouve leurs dépôts (GWP), peu importants, à Clavans, Besse, au Rif Tort, au Rivet du Pied (vallon du Gâ, de Martignare) dans le vallon du Maurian et au-dessus du Villar-d'Arène ; dans cette région, la surface de comblement la plus élevée se situe vers 2 000 m et se prolonge jusqu'au Lautaret qui a pu être un point de *transfluence* avec le glacier de la Guisane.

Les moraines du plateau des Deux-Alpes et celles de Mont-de-Lans (près de 200 m d'épaisseur) sont dues à la *transfluence* du glacier du Vénéon, beaucoup plus important que celui de la Romanche ; il débordait le seuil de l'Alpe de Venosc.

GW. **Les formations glaciaires locales wurmiennes** de la portion nord du territoire de la feuille ont été déposées par les glaciers affluant au grand glacier de l'Arc ou de la Maurienne : glaciers de l'Arvette, du versant nord des Aiguilles d'Arves (ruisseau de Pradin) et de la Valloirette ; dans ces deux derniers les éléments du flysch tertiaire prédominent largement.

Gy, Gx. **Formations glaciaires relativement récentes, post-wurmiennes** (Grandes-Rousses, Haute-Romanche, bassin de Valloire).

Gz. **Formations glaciaires historiques** ou moraines des glaciers résiduels actuels en partie édifiées au siècle dernier. Ce sont surtout les moraines très fraîches du glacier de Sarenne (arc morainique frontal à environ 200 m sous la langue de glace actuelle), les dépôts latéraux du glacier de Saint-Sorlin (recul de plus de 1 600 m depuis 1738), ceux des glaciers de la Meije et du Rateau (front à l'altitude 1850 en 1860), énorme moraine latérale du Clot des Sables longue de 3 000 m ; les autres glaciers actuels (Mont-de-Lans, Aiguilles d'Arves, Lombard, Grand-Galibier) n'ont donné que des formes d'accumulation très réduites.

EG. **Glacier pierreux** d'origine encore mal connue, intermédiaire entre la moraine et l'éboulis glissé, mais aux formes très caractéristiques : front abrupt et intact, bourrelets concentriques et emboîtés en formes de lobes ou de langues ; ils sont bien développés dans le versant nord du Grand-Galibier et au Combeynot ; on y range les fausses moraines ou moraines de névé (Le Lautaret).

J. **Les cônes de déjection** sont peu développés sur cette feuille, on en voit dans les vallées de la Valloirette et dans la Guisane, *les cônes actuels* (Jz) ravinant parfois des épandages plus anciens (Jy), ainsi à Bonnenuit.

E. On a distingué sous cette notation :

Ec. **Les coulées boueuses ou de matériel fin**, intermédiaires entre la solifluxion et le glissement de terrain proprement dit, sans niches d'arrachement (versant nord des pics du Combeynot).

Eb. **Les écroulements et éboulis à gros blocs** de la région de Clavans, des versants ouest de Roche-Colombe et des Trois Évêchés ou du col de l'Épaisseur (Aiguilles d'Arves).

Ey. **Les éboulis stabilisés**, envahis de végétation, peu nombreux.

Ez. **Les éboulis encore actifs**, disposés parfois en cônes.

EJ. **Des cônes mixtes** ou cônes à forte pente, formés de matériel éboulé, sont alimentés par les avalanches ou les fortes pluies mais n'ont pas d'écoulement permanent et peuvent être momentanément colonisés par la végétation (gorges de la Romanche).

Fz,a. **Alluvions modernes, tourbières.** Les alluvions de fond de vallée sont ici très réduites ; leur âge a pu être favorisé par des surcreusements glaciaires en arrière de verrous rocheux (Plan de l'Alpe de Villar-d'Arène) ou par des glissements de versants venant barrer une vallée (Villar-d'Arène). Leurs épaisseurs atteignent alors exceptionnellement une cinquantaine de mètres (*cf.* plus loin les résultats de sondages).

On connaît d'assez nombreuses tourbières, ni très étendues, ni très épaisses, dont l'âge a pu être déterminé par analyse pollinique (J. Becker, 1952) :

- Les Granges des Selles, au bord de la Neuvachette, du Subboréal et du Subatlantique (— 3 300 B.C.) ;
- région de Valloire : tourbière de la Soie à 2 120 m au-dessus de l'Archa, débutant à la fin de l'Arctique (— 13 500 ans B.C.) ;
- les Granges du Galibier et le col du Galibier du Subboréal et du Subatlantique ;
- l'Alpe de Venosc : tourbière du Plan, au centre même de la station (maintenant remblayée) d'une profondeur de 3 m avec troncs de Conifères, débutant à la fin du Préboréal (— 8 000 B.C.) ;
- Mont-de-Lans : tourbière du lac du Plan à environ 2 300 m, l'une d'entre elles étant du Préboréal à sa base ;
- le Rif Tort près des sources à 2 280 m du Subboréal et Subatlantique.

U. **Tufs.** Quelques grosses sources, dues le plus souvent à la présence de Trias gypseux non visible à l'affleurement, ont donné de beaux amas de tufs : émergence de la cascade de la Pisse, le Lautaret, Est de la Cime du Rachas à l'amont du Chazelet, à Clavans.

La cascade de la Pisse est alimentée par une grosse source située sur le passage d'une bande de carneules drainant les eaux du bassin du Rif Tort (plateau d'Emparis) situé 3 km au Nord-Est ; ces eaux, très chargées en sulfates et en carbonates, ont édifié à l'émergence un large *balcon* de tufs visible du lac du Chambon ou de la route des Deux-Alpes.

Les tufs du Lautaret, près du Jardin alpin, à 2 100 m environ, recèlent de nombreuses empreintes de feuilles (Saules) et des cônes de Pins (*Pinus uncinata*) mêlés à des ossements de Mammifères (Campagnol, Hérisson, Marmotte, Loup, Corneille rouge) laissant supposer un âge récent, postérieur aux dernières glaciations, et un climat peut-être plus chaud qu'actuellement.

X. **Remblais** provenant de l'exploitation des ardoisières sur la rive droite de la retenue du Chambon.

GÉOLOGIE STRUCTURALE

ZONES EXTERNES

Socle

A — **Grandes Rousses** (P. Bordet). Le massif est compartimenté par des accidents verticaux de direction N 20-30° E :

- *l'accident de l'Herpie* séparant le groupe des Petites-Rousses qui supporte vers le col du Couard une couverture de Trias hachée de failles parfois minéralisées, de celui des Grandes Rousses ; cet accident correspond à un petit graben laminé et écrasé à remplissage houiller ;

- l'*accident médian des Rousses* désigné improprement sous le nom de *synclinal médian des Rousses*. C'est une faille ouverte entre le groupe des Grandes Rousses et celui des Sauvages, qui, dans le Nord de la feuille, contient du Houiller, du Trias et du Lias. Dans la partie médiane, il n'y a plus que des lambeaux de Houiller conglomératique associés à une brèche de mylonite à ciment de micaschiste noir. Au Sud des gorges de la Sarenne, entre la Croix de Cassini et les Grandes Buffes (feuille Vizille) on y trouve une large bande de Mésozoïque (Lias, cargneules, gypse) ; puis, au Sud de la Romanche, ce fossé tectonique s'élargit et dans son remplissage sédimentaire apparaissent des lambeaux isolés de Cristallin (les Deux Alpes). La présence de filons clastiques de calcaires liasiques, près de la Croix de Cassini, implique que cet accident a joué dès la base du Jurassique, peut-être même avant, et que sa genèse est indépendante de la phase alpine, sans doute due à une phase de détente tardihercynienne ;
- les gneiss migmatisés du bord oriental des Rousses (groupe des Sauvages) *sont divisés en deux* par une large bande de Houiller bordée de failles et montrant une disposition anticlinale assez serrée. En fait, il s'agit probablement d'un graben dont l'écrasement ultérieur a donné naissance à ce curieux dispositif que l'on retrouve aux Côtes Rivets et plus au Nord sur la feuille Saint-Jean-de-Maurienne. Le contact avec le sédimentaire se fait par une grande faille recoupant en oblique les séries cristallophylliennes pour rejoindre l'accident médian au Mont-de-Lans. Cette faille a bien été mise en évidence lors des travaux du barrage du Chambon sur les deux rives de la Romanche : faille dans les gneiss et laminage intense entre socle et couverture (disparition du Trias) en rive droite, écaïlle de gneiss très fissuré poussée sur les calcaires triasiques en rive gauche.

La structure en bandes parallèles du massif des Grandes Rousses résulte de l'écrasement d'une série cristallophyllienne dont la continuation se trouve plus au Nord dans le massif de Belledonne (*sensu lato*) sur les feuilles Saint-Jean-de-Maurienne et La Rochette.

Cet écrasement a entraîné la mise en contact direct de formations différant aussi bien par la nature lithologique que par l'histoire métamorphique : il paraît donc impossible d'interpréter correctement leurs rapports dans les Grandes Rousses seules.

Vers le Sud, elles se poursuivent également mais leurs rapports sont perturbés par des accidents de style tangentiel (bordure occidentale du Pelvoux *sensu lato*) et par des décrochements importants.

Par ailleurs, les Grandes Rousses semblent avoir été déplacées longitudinalement par rapport à Belledonne, lors de l'orogénèse alpine, le long de l'accident col du Sabot—col d'Ornon.

Un déversement généralisé vers l'Ouest a, de plus, affecté le massif et entraîné le pendage W.NW de la pénéplaine, triasique sur son versant occidental.

Les déformations ultimes en claveaux parallèles (C. Bordet), qui apparaissent de manière spectaculaire au Sud de l'Alpe d'Huez (feuille Vizille), sont sans doute en rapport avec les phénomènes de surrection généralisée qui affectent les massifs cristallins externes.

On peut établir les rapports suivants entre les éléments structuraux des Rousses et ceux qui affluent au Sud-Ouest et au Nord-Est (d'après P. Bordet) :

	SUD	GRANDES ROUSSES	NORD
↑ Décrochement du Vénéon	Granite du Clapier	Granite des Sept Laux	Granite des Sept Laux
	Série de Pied Moutet (partie occidentale)	Série d'Huez—Vaujany (conglomérat du Sabot)	Série sédimentaire de Saint-Colomban = (conglomérat de la Sambuis)
		Granite de l'Alpetta	Granite de Saint-Colomban
	Série de Pied Moutet (partie orientale)	Série des Petites Rousses	Série de Montgellafrey— Celliers
	Houiller du Fioc (Deux-Alpes)	Houiller de l'Herpie	Houiller du col de la Madeleine
		Micaschistes des Rousses	Série de Bonneval (avec conglomérat)
↓	?	Synclinal médian	?
	Écaillles tectoniques des Deux-Alpes ? ?	Série du Sauvage	?
	?	Écaillles de la Valette	?

B — Romanche supérieure (P. Le Fort). La tectonique et le métamorphisme alpins se sont surtout traduits par :

- des failles essentiellement méridiennes dans la région de La Grave, parfois accompagnées de bandes mylonitiques (plateau du Grand Plan, à l'Ouest de l'Alpe de Venosc) ;
- des écaillages et chevauchements ;
- l'apparition d'innombrables fentes à cristaux et l'occurrence de recristallisations métamorphiques.

— *Faillles N-S.* Les failles, principalement méridiennes, dérangent peu la structure du socle qu'elles découpent en claveaux. Leur tracé est marqué dans la morphologie par de profonds ravins (notamment sur les deux rives de la Combe de Malaval).

Elles sont plus marquées aux bords est et ouest du massif où le Cristallin s'effondre en gradins successifs.

La situation est-ouest de la vallée de la Romanche profondément entaillée dans les formations cristallophylliennes ne correspond cependant à aucun accident majeur comme le montre la prolongation des niveaux d'amphibolites de part et d'autre de la vallée.

— *Écaillages.* Les écaillages et chevauchements sont généralement des structures complexes qui affectent profondément le cristallin : la feuille La Grave en présente un bel exemple.

Connu et décrit dès 1831, le chevauchement de la Meije est une structure majeure du massif du Pelvoux-Écrins, qui se suit depuis Villar-d'Arène jusqu'au delà de l'Aiguille du Plat de la Selle au-dessus de Saint-Christophe-en-Oisans, soit sur plus de 20 km à vol d'oiseau. Elle s'accompagne de structures secondaires plus petites comme celle des Enfetchores ou du Peyrou d'Amont.

L'accident a joué en deux temps. Dans le premier temps, le Lias a acquis un clivage schisteux sensiblement parallèle au contact avec le socle et indépendant de sa

stratification. Dans un deuxième temps, le contact a rejoué, tronquant la structure précédente, la cassant et faisant naître, à l'intérieur du Lias et près du contact, un second clivage schisteux plus frustré que le précédent. Simultanément le contact a été souligné par des masses de quartz laiteux (et parfois pyrite) pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur par endroits (pied de l'arête de la Meijette, gouttières du Peyrou d'Amont vers 2 500 m d'altitude).

– *Fentes alpines et recristallisations.* L'occurrence de zéolithes est connue dans la région depuis le 18^{ème} siècle. Parmi les gisements cités, signalons la stilbite de l'arête ouest de la Meije ; à la Balme d'Auris (feuille Vizille), elle est accompagnée de heulandite et d'axinite ; à la Rampe des Commères (feuille Vizille) et sur le plateau du Grand-Plan on trouve la prehnite. Tous ces gisements correspondent à des minéraux cristallisés dans les fentes alpines des roches, tant dans le socle que dans la base au moins de la couverture triasique. Dans la roche elle-même, on connaît surtout le stilpnomélane de la région du Bec de l'Homme, mais un peu plus au Sud (Saint-Christophe-en-Oisans), la prehnite et la pumpellyite sont assez fréquentes.

L'abondance de fentes alpines à quartz est un trait caractéristique de cette partie septentrionale du Haut-Dauphiné cristallin. L'étude des inclusions fluides a été faite sur une cinquantaine d'entre elles réparties dans tout l'Oisans. Les caractéristiques thermodynamiques des fluides des fentes à cristaux ont une grande homogénéité.

La conjugaison des données sur les inclusions fluides et sur les conditions d'apparition du faciès zéolithe indiquent qu'à une époque récente, alpine, le massif a été soumis à des conditions thermo-barométriques de l'ordre de 2,5 kbars et 360 à 375° C. On est donc amené à concevoir qu'il a été recouvert par une forte épaisseur de terrains, certainement supérieure aux quelques centaines de mètres d'épaisseur qu'atteint le sédimentaire autochtone (bien qu'il soit aléatoire de chiffrer des phénomènes, il semble qu'il soit difficile d'imaginer un recouvrement inférieur à 5 000 m).

C – Combeynot. On a relevé dans ce massif une foliation ancienne, peut-être hercynienne ; elle affecte le complexe volcano-sédimentaire selon des directions qui moulent le cœur granitique du massif : N 100° E à la pyramide de Laurichard et au Lautaret, puis N 140° E vers les Clochettes et N 160°-180° E au niveau des Rochers de Guerre.

Les formes tectoniques les plus nettes sont d'âge alpin ; ce sont de multiples cassures N 0° à N 20° E verticales ou pentées est et N 40° E et N 140° E verticales. Elles se signalent soit par des bandes de mylonites, soit par des remplissages bréchiques à ciment calcaire ou dolomitique (« filons clastiques ») dont la puissance peut atteindre quelques mètres (au Sud des Clochettes).

C'est à la phase alpine, également, qu'est dû le chevauchement du bord ouest du Combeynot sur le Lias du « synclinal d'Arsine ».

Couverture sédimentaire

La partie centrale de la feuille La Grave entre le massif des Rousses et le chevauchement sub-briançonnais se divise en deux régions distinctes :

- les séries sédimentaires dauphinoise et ultra-dauphinoise ;
- la terminaison nord du massif de l'Oisans.

A – Séries sédimentaires. La zone dauphinoise orientale et la zone ultra-dauphinoise sont séparées par un contact anormal majeur souligné de cargneules bien visibles du Nord de la Cime des Torches jusqu'aux Hières en passant par le versant ouest du pic du Mas de La Grave ; il se prolonge ensuite, de façon moins nette, par Villar-d'Arène et le Pied du Col ; puis le contact passe par le Pas d'Anne à Falque et le Plan de l'Alpe où il sépare la série mince « tégument » du Pelvoux de la série épaisse ultra-dauphinoise.

A l'Ouest de cette ligne les séries sédimentaires sont constituées en deux vastes synclinaux complexes déversés à l'Ouest et à cœur de Dogger. L'axe du synclinal le

plus occidental passe par l'arête de Praouat, Mizoën, le Mont-de-Lans ; celui du synclinal est passe par les Prés Nouveaux et la Cime du Rachas. Leurs flancs ouest sont laminés ; c'est ainsi que près des Grandes Rousses, le Trias et le Lias inférieur et moyen sont souvent absents ou très réduits tectoniquement, l'Aalénien venant directement en contact avec le socle (rive droite du Ferrand au Nord de Clavans et rives du Chambon (cf. Grandes Rousses)) ; toutefois, les réductions d'épaisseur ont, peut-être, des causes stratigraphiques également.

Les rapports des deux séries synclinales se font par l'intermédiaire d'un contact anormal souligné par des lambeaux liasiques visibles sur le flanc sud du col des Prés Nouveaux.

L'ensemble est doté d'une schistosité très dense dirigée suivant les strates (N 0° et N 45° E) et pentée est. En certains points (route de Mizoën à Singuigneret), elle reprend une schistosité beaucoup plus transverse (N 65° -N 80° E, pentée au Sud), associée à des microplis d'axes moyen N 100° E, plongeant au Sud-Est de 25 à 45° ; des diaclases, en général calciteuses, disposées à intervalle de 50 cm, recoupent l'ensemble (N 60-70° E, pentées sud ou nord suivant les points).

A l'Est du chevauchement *ultra-dauphinois* se développe la zone des écailles, séparées les unes des autres par des lambeaux triasiques (cargneules, gypse parfois et dolomies) plus ou moins épais et continus.

Ce style en écailles ne régit pas d'un bord à l'autre de la feuille ; au Nord la série jurassique, dite série des Albiez (feuille Saint-Jean-de-Maurienne), est seulement affectée de plis vigoureux. Le plus remarquable est l'anticlinal du Mont-Falcon (à cœur gypseux) d'axe d'abord N-S puis s'infléchissant vers l'Est pour devenir transverse sous le flysch des Aiguilles d'Arves qui le recouvre en discordance accentuée. D'autres plis « anté-nummulitiques » existent au Fond de Valfroide et au col Lombard.

Au Sud d'une ligne reliant le pic du Mas de La Grave aux Aiguilles de la Saussaz, la série des Albiez s'écaille en lames isoclinales dont le nombre et l'allure se lisent facilement sur la carte ; vers le Sud-Est elles s'effilent et l'écaille supérieure seule (des pics Buffe d'en Haut), à Lias supérieur et Dogger, s'insinue entre le Combeynot et la Meije pour recouvrir la série tégument du Plan de l'Alpe.

Partout, une importante schistosité de plan axial se développe (N 0° à N 20° E, pentée est) ; localement, on retrouve des plis transverses : Basse sud de la Recoude (N 120° E, axe plongeant de 30° au Sud-Est) Sud-Est de Villar-d'Arène (aux Crevasses, plis transverses et schistosité N 110° E).

En arrière de Valfroide et au Sud-Est de ce hameau, l'écaille des Albiez est recouverte par d'autres séries :

- écaille des Anrouchors se biseautant au Nord à la Crête de Puy Golèfre, marquée d'une belle structure anticlinale et se prolongeant au pied ouest du Combeynot ;
- écaille du Lautaret limitée aux environs du col et butant contre le bord nord du Combeynot ;
- écaille des Trois Évêchés affectée d'un beau repli en Z, à axe transverse, bien visible de loin ;
- les écailles de Côte Plaine, puis celles de la Madeleine et du Rocher de Guerre en arrière du Combeynot, constituées surtout de Cristallin écrasé.

La transgression du flysch se fait sur des *plis est-ouest au Nord*, puis *directement sur toutes les écailles dans la partie sud* ; ceci montre bien l'ampleur de la tectonique transverse anté-nummulitique, bien que cachée souvent par les efforts alpins ultérieurs.

La tectonique du flysch des Aiguilles d'Arves est, apparemment, plus simple, surtout dans la partie nord de la feuille, en s'éloignant du Pelvoux. C'est une grande dalle isoclinale au pendage faible (15 à 35° E) sauf à proximité du Sub-Briançonnais où elle plonge brusquement à 70° ou à la verticale. La tectonique post-nummulitique se manifeste par de nombreux petits plis avec schistosités, décimétriques en général, à allure de S dissymétrique tendant à se déverser vers l'Est (Grand Chible, Pointe de Pierre Fendue, Pointe de l'Argentière) ; les directions sont soit N 20-30° E, soit N 140-150° E.

On relève des failles verticales, sensiblement E—W, séparant les trois Aiguilles d'Arves, et d'autres N—S, les limitant à l'Est ; un autre réseau de failles se retrouve aussi aux Aiguilles de la Saussaz et près du refuge Lombard où il remonte l'Oxfordien. Un grand accident tangentiel suit le haut vallon du Maurian, du col Lombard au pic des Trois Évêchés, permettant la remontée de flysch calcaire sous le flysch schisto-gréseux (Serret des Morts).

B — Terminaison nord du massif de l'Oisans. Le massif cristallin de l'Oisan s'ennoie sous la couverture sédimentaire au Nord des gorges de la Romanche.

Il est découpé par de nombreuses failles approximativement N—S (*cf.* plus haut).

Sur la bordure nord du plateau d'Emparis, des écailles cristallines, accompagnées de lambeaux de Trias et de Lias calcaire percent l'épaisse couverture sédimentaire : chalets du Rif Tort, de la Lauze, etc., tandis que sur sa bordure orientale des blocs cristallins sont remontés par des cassures nord—sud et est—ouest (Rivet du Pied, Clot Raffin).

La couverture autochtone (Trias et parfois Lias inférieur) est conservée localement, en particulier sur le socle du plateau d'Emparis et à l'Est du refuge Évariste Chancel. Partout ailleurs, la couverture est décollée au niveau du Trias supérieur et les séries liasiques sont très fortement plissées : Grande Sure, Belle Étoile à l'Ouest du massif, « synclinal » de Villar-d'Arène, col des Ruillans (glacier de la Girose) à l'Est.

Le bord nord du Combeynot correspond à un accident de direction E.NE—W.SW amenant en contact la série tégument redressée à la verticale avec les écailles chevauchantes du Lautaret et des Anrouchers ; cet accident n'affecte pas le flysch des Aiguilles d'Arves à l'Est et mal les séries des Albies où on relève cependant des plis et des schistosités transverses (N 110° E aux Crevasses). Ce type de fracture, verticale ou inverse, de même direction que celle du bord nord de la Meije et du glacier de l'Homme est certainement antérieur à la phase paroxysmale alpine (« phases anté-nummulitiques »).

ZONES INTERNES

Sub-Briançonnais

Unité du Petit-Galibier. La zone sub-briançonnaise comporte à son front des écailles isoclinales discontinues se relayant en « festons » du Nord au Sud :

- *écaille de Plan-Paradis*, ainsi nommée parce qu'elle comporte à sa base, en ce lieu-dit (Nord-Ouest du col du Galibier) une grande dalle de « brèches du Télégraphe » ; au-dessus, on y trouve des schistes et des calcschistes du Malm puis du Crétacé, ces derniers formant le sommet du Petit-Galibier ;
- *écailles des Sestrières*, se développant à la suite de la précédente entre les routes du Lautaret au Galibier et du Lautaret à Briançon ; la série est très incomplète et comporte principalement une barre de Dogger couronnée de brèches ;
- *écailles du Fontenil* représentées uniquement par la barre rocheuse surplombant la route de Briançon à 2 km au Sud-Est du pont de l'Alpe du Lauzet avec une série réduite (80 m) allant du Lias inférieur à l'Oxfordien (brèches du Télégraphe).

Unité du Lauzet-Roche Olvera. En arrière de ces écailles se développe une seule unité, continue de Bonnenuit au coin sud-est du domaine de la feuille, affectée d'un pli anticlinal bien visible à la Roche Olvera et au Lauzet ; vers le Nord cet anticlinal se lamine dès la Haute Parée où n'est conservé que son flanc est, puis disparaît complètement jusqu'à Valloire ; là, les rochers de Ratamorte, Saint-Pierre et Poing-Ravier, rattachés à cette unité, sont très écaillés et leur structure fort complexe.

Lias et Dogger forment l'ossature rigide de cette unité, tandis que le reste de la série, calcschistes malm-crétacés (sans niveaux de brèches) puis grès et schistes paléocènes sont plus ou moins décollés et écaillés (crête du Galibier). C'est dans cette unité ou entre elle et la précédente que l'on trouve les *klippes briançonnaises* et les gypses du Galibier.

Les écailles externes. Il s'agit d'écailles de flysch schisto-gréseux et de marbres en plaquettes (rarement un peu de Malm) apparaissant au Nord du Galibier ; elles reposent directement sur le flysch des Aiguilles d'Arves et sont séparées de l'unité du Petit-Galibier par des masses importantes de gypse. C'est la couverture des unités décrites plus haut, très laminées au Nord de Bonnenuit, décollée au niveau de l'Oxfordien et glissée plus en avant ; lors d'une phase tectonique ultérieure elles ont été, à leur tour, chevauchées par le Dogger et le Lias restés en arrière et ont acquis leur disposition actuelle.

Ces unités sont considérées comme le prolongement apparent vers le Sud de la zone du Pas du Roc définie par R. Barbier dans la vallée de l'Arc ; mais au Sud du col du Télégraphe, cette zone disparaît par écrasement et quand elle réapparaît, sur la feuille La Grave, les caractères paléogéographiques sont un peu différents.

La zone sub-briançonnaise a pu être, entre les masses du Houiller et du flysch, une zone préférentielle de cassure avec mouvements de coulissage ; en effet, on observe à l'Ouest, des Aiguilles d'Arves au Combeynot, une montée axiale, tandis que le Briançonnais subit un ennoyage vers le Sud, de Valloire au Lauzet ; la structure en écailles amygdalaires et discontinues en est également un indice.

Briançonnais

Chevauchement du Briançonnais. La masse houillère chevauche partout directement les calcschistes sub-briançonnais ; en effet *la zone des gypses* de Maurienne et de Tarentaise, marquée par un seul témoin en arrière de Bonnenuit, ne se développe qu'au Nord de Valloire sur la feuille Saint-Jean-de-Maurienne.

Si le chevauchement est bien visible sur la moitié nord de la feuille jusqu'aux Mottets, il est, dans la partie sud, *cacheté* par la dalle subhorizontale des calcaires triasiques du Grand-Galibier—Roche-Colombe glissée en avant de la zone houillère et reposant à son tour sur les calcschistes sub-briançonnais avec quelques copeaux de terrains siliceux (Houiller, Verrucano, quartzites) trainés à sa base.

Le bord ouest de la zone houillère, représenté par le Westphalien A au col de la Ponsonnière et enfin le Namurien au pic de La Bruyère est très tectonisé.

Failles

Failles directionnelles. Ce sont les plus importantes car elles ont imprimé aux structures leur originalité propre ; des Mottets à l'Aiguillette du Lauzet, en passant par le col de la Ponsonnière, le Permien et le Houiller viennent affronter le bord oriental de la dalle calcaire du Grand-Galibier par un plan de cassure dont le plongement varie : 45° E au col de la Ponsonnière, vertical à l'Aiguillette. Il permet la remontée du Westphalien A, puis du Namurien, tandis que le Mésozoïque du compartiment ouest, dans le vallon du Grand Lac, subit un écaillage intense, mylonitisant les calcaires triasiques ; une branche de cette faille se dirige, au Sud du Grand Lac, vers l'Alpe du Lauzet coupant la falaise triasique. Au Nord, dès Plan Lacha, elle se confond avec le contact du Briançonnais sur le Sub-Briançonnais et explique le laminage de ce dernier au Nord de Bonnenuit.

Le Collet de la Fourche, au Nord du lac des Cerces, correspond à un accident important faisant disparaître la plus grande partie de l'assise de la Ponsonnière et injectant une lame de Westphalien tout près des couches post-ladiniennes de la Pointe de la Fourche ; vers le Sud-Est, cette faille est cachée par le Glaciaire, mais, vers le Nord, on peut en trouver le prolongement dans les écaillages de Côte Vieille et de Plan d'Orient (Permo-Houiller du versant ouest des Sétaz).

Le massif des Sétaz est découpé par deux lignes de failles, N 160° E également injectées de cargneules et de gypse. L'une, à l'Ouest, redouble le Trias des Rochers de la Grande Parée puis se confond au Camp des Rochilles avec l'accident de la Fourche. L'autre occupe la dépression centrale du massif (Pas de la Sétaz Vieille) et va passer au pied de l'Aiguille Noire (feuille Névache) ; elle est soulignée par des cargneules et par une lame de quartzites à l'Est des Râteaux.

C'est sans doute un accident de ce type qui a permis la remontée du socle jusqu'à — 500 m dans cette région, décelée par les expériences sismiques du lac Rond des Rochilles en 1956 (Tardi, 1957).

A l'Est de Valloire des accidents plus ou moins nord-sud affectent le Houiller mais se suivent mal au milieu des masses glissées ; ainsi le Westphalien C du Crey du Quart est remonté au-dessus du Stéphano-Autunien de Montissot—Geneuil.

Ces failles directionnelles sectionnent indifféremment substratum siliceux et couverture calcaire qu'elles découpent en lanières et elles peuvent reprendre des contacts de nappes. Plusieurs faits laissent supposer des mouvements par coulissement : copeaux amygdalaires, juxtaposition de zones paléogéographiques très différentes, rejet vertical apparent très variable par suite de décalage des zones d'abaissement et de culmination d'axes ; ainsi, à l'Ouest de l'accident de la Ponsonnière, la dalle de calcaires triasiques subit une montée axiale très nette du Sud vers le Nord jusqu'au Grand-Galibier, tandis qu'à l'Est les assises siliceuses montrent un plongement axial du col de la Ponsonnière au camp des Rochilles.

Failles transverses. Elles sont très nombreuses, bien visibles dans les calcaires, mais impossible à suivre dans le Houiller : failles de l'Aiguillette du Lauzet, faille du pic de La Bruyère à rejet horizontal évalué à 500 m, amenant les niveaux siliceux contre les calcaires du synclinal de La Bruyère, failles du pic de la Ponsonnière, faille de Roche Colombe, arrêtant au Sud l'assise de la Ponsonnière, faille du Grand-Galibier (La Clapière) se prolongeant jusqu'au camp des Rochilles et failles du massif de la Sétaz (La Mitre).

Toutes décalent les failles longitudinales et peuvent être considérées comme des accidents mio-pliocènes.

Plis. Les plis du Houiller sont peu perceptibles dans le cadre de la feuille La Grave. Le Namurien de l'Aiguillette du Lauzet et du vallon du Rif constitue vers le Sud-Est, sur la feuille Briançon, le cœur de l'anticlinal de la Benoîte ; nous avons vu que son flanc ouest était entièrement laminé ; il est suivi, à l'Est du synclinal de la Tête de la Cassille (feuille Névache) dont on ne perçoit ici que le flanc occidental avec Westphalien A, B et C.

Les quartzites du pic de la Ceinture et des Tours Notre-Dame sont ployés en un synclinal complexe (réapparition de Permien et carneules) et il est intéressant d'y souligner la présence d'un fort diaclasage est-ouest.

Le synclinal des Sétaz montre des replis liés aux accidents nord-sud : pli-faille de la Pointe des Rataux, synclinal de la Pointe de Lacha, anticlinal écrasé de la Pointe de la Fourche. La dalle du Grand-Galibier a des replis parfois très aigus (près du sommet ouest) ou des flexures (Roche-Colombe).

Le synclinal déversé à l'Ouest de l'Aiguillette du Lauzet se poursuit au Nord par celui du pic de La Bruyère et c'est son prolongement qui se lamine dans le vallon du Grand-Lac le long de l'accident de la Ponsonnière.

Klippes briançonnaises. Ce sont des lames isoclines de terrains briançonnais coincés dans les calcschistes et le flysch sub-briançonnais, situées à proximité du col du Galibier et s'ordonnant en deux bandes d'Ouest en Est :

- la première correspond aux affleurements recoupés par la route du Galibier et comprend Houiller, Permien, Werfénien et calcaires triasiques karstifiés ; elle est relayée au droit du col par une autre série très laminée de Houiller, quartzites et calcschistes briançonnais mêlés à des écailles de flysch à Helminthoïdes et largement recouverts par les gypses de la table d'orientation, lesquels se prolongent seuls vers le Nord ; vers le Sud-Est cette bande se suit grâce aux gypses et aux écailles de dolomies du torrent des Vallois et du torrent du Haut-Etret ;
- la deuxième, plus mince, n'est visible que sur la crête du Galibier, avec surtout du Houiller (schistes et microdiorites) et des quartzites werfénien.

OCCUPATION DU SOL

ARCHÉOLOGIE (A. Bocquet)

Les plus anciens restes actuellement connus sont une station de l'âge du Bronze final III (environ 750 avant J.-C.) à Bons-Freney d'Oisans et un riche dépôt à Casserousse (2 000 m d'altitude) au Sud-Est de Villar-d'Arène. Ce dernier contient de très nombreux objets : bracelets, épingles, haches, couteaux, pendeloques, etc. dont certains sont en étroit rapport avec l'originale civilisation du Bronze final des Hautes-Alpes. Il ne se trouvait pas sur une voie de passage.

Le premier âge du Fer, surtout dans sa phase finale (VI^{ème} et V^{ème} siècles avant J.-C.) a vu l'installation de riches populations dont les sépultures en coffre de pierre jalonnent la voie du Lautaret à Mont-de-Lans, à La Grave et les Hières.

Les Gaulois de l'âge du Fer ont dû contrôler cette même route et implanter les stations de *Durotinicum* et de *Mellosedum* (mal localisées, probablement près de Villar-d'Arène et de Mizoën). On retrouve ces localités comme étape sur la voie romaine, fréquentée aussi durant tout le Moyen-Age par les pèlerins pour Rome.

Il faut préciser que cette voie de l'Oisans, de Grenoble au Mont-Genèvre, dès l'époque romaine, délaissait les localités de Mont-de-Lans et de Venosc pour contourner le lac de Bourg-d'Oisans par l'Est et le Nord, c'est-à-dire le Chambon, le Freney, le col de Cluy, le col de Poutran, Oz avant de rejoindre la vallée de la Romanche à Rochetaillée (feuille Vizille) (P.L. Rousset).

Un fer de lance découvert au versant nord de Roche Olvéra serait médiéval (R. Barbier).

APERÇU GÉOTECHNIQUE

(stabilité des versants)

Nous n'envisageons ici que les problèmes de stabilité de versants décelables par des études géologiques classiques, donc les risques résultant des mouvements de terrains : éboulements ou glissements superficiels. Les éboulements, allant de la chute de blocs isolés à celle de pans de falaise (écroulements), peuvent menacer les voies de communication et les habitats installés au pied des hautes falaises cristallines ou calcaires : gorges de la Romanche du Chambon à La Grave, ou bordure orientale des Rousses au-dessus des villages de Clavans et du hameau du Perron, région au sujet de laquelle A. Allix écrit (*in* « l'Oisans au Moyen-Age », 1929) qu'en « 1418, un éboulement a détruit le tiers de la commune de Clavans ». Les falaises du Grand-Galibier et de Roche Colombe dominant la route de la Guisane sont dans le même cas ; là, les blocs accumulés au pied des parois sur un substrat instable peuvent se remettre en mouvement et provoquer des coulées boueuses venant recouvrir la route : coulées du torrent des Valois en 1970.

Les glissements de terrains ont des caractères différents suivant qu'il s'agit de roches homogènes, massives ou litées. Les premières ont tendance à se tasser progressivement et à donner des paquets de terrains glissés sans rapport entre eux mais gardant, individuellement, une bonne homogénéité. Le substratum soumis à une surcharge nouvelle se déforme et peut se mettre à glisser : ainsi au-dessus de Clavans, le tassement du Houiller provoque un fauchage (formation de « rides ») du Lias sous-jacent. Des exemples de tassements sont visibles dans les gorges de la Romanche et sur le bord oriental des Rousses.

Le second type de glissement affecte les terrains schisto-gréseux (flysch et surtout Houiller) ou schisto-calcaires (Jurassique des zones externes et calcschistes sub-briançonnais). Le résultat en est bien connu : masses totalement incohérentes formées

d'un mélange de produits d'érosion et de roches fraîches toujours très argileuses et mal drainées d'où une stabilité précaire. Ils peuvent perturber des versants entiers : rive droite de la Valloirette, rive droite de la Neuvachette, glissement de Villar-d'Arène recouvrant des alluvions anciennes de la Romanche. Ces glissements sont le plus souvent anciens, sans doute post-wurmiens, comme le montre le glissement de flysch tertiaire des chalets de Coulouvreuse (Ouest Grande Chible) au-dessus de la moraine wurmienne du ruisseau de Pradin. Ils ont acquis une stabilité apparente qui autorise l'implantation de constructions légères, mais leur équilibre serait vite rompu, au moins superficiellement, par des perturbations externes (travaux de génie civil, déforestation, fortes précipitations).

Par contre, l'Aalénien du Pays des Arves, très argileux et très friable, donne lieu à de longues et puissantes coulées très fluides et leur instabilité marquée doit faire l'objet d'une grande surveillance : Nord du Grand-Agnelin, Est du Mont-Falcon ; ce dernier glissement, dit glissement de l'Embrunais (« en Brunet » sur la carte) semble s'être déclenché, ou avoir été réactivé, depuis le début du siècle (H. Onde, 1938) ; la modification qu'a subi le ruisseau de Pradin à son front est d'ailleurs postérieure au dessin de la carte topographique actuelle (éd. 1930).

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

MINÉRALISATION

(J. Méloux)

Sur la feuille La Grave à 1/50 000, les occurrences minéralisées sont rares et ne sont connues que dans les massifs cristallins externes.

Dans le massif du Pelvoux

La concession du Grand Clos, à l'Ouest de La Grave, englobe un champ filonien qui a fourni entre 1850 et 1920, 5 à 6 000 tonnes de minerai de plomb. Le filon le plus important est celui de l'Escarcelle qui affleure au lieu-dit le Grand Clos, sur la rive droite de la Romanche. Orienté N.NW—S.SE avec un pendage de 70° vers l'Ouest, il est de puissance variable due à une succession de renflements et de « serrées ». Il a été reconnu sur près de 400 mètres de haut par 14 niveaux. Il renferme essentiellement de la galène avec un peu de blende dans une gangue quartzreuse accessoirement barytique.

Les autres filons, sur la rive gauche de la Romanche, sont d'importance moindre. Celui de la Flèche ronde (Pb + quartz), au-dessus du point coté 1659, a été fouillé sur 150 mètres de haut ; celui des Balmes, au bord du Rif de Muretane est un filon de quartz à chalcopryrite ; celui qui affleure au Peyrou d'Aval est fluoré.

Le filon du Chazelet, au Nord du hameau du même nom, est un filon à galène et blende dans une gangue de quartz, baryte et fluorite ; il recoupe les formations sédimentaires du Lias.

Les filons de la Montagne de l'Homme (sur rive gauche du torrent de l'Homme) et celui du *Lautaret* (dans le massif du Combeynot au lieu-dit les Clochettes) n'ont été l'objet que de petits travaux de recherches qui ont fourni environ 2 000 tonnes de minerai de cuivre au siècle dernier. L'un et l'autre renferment de la chalcopryrite dans une gangue quartzreuse. Le filon du Lautaret est particulièrement riche en espèces minérales (bornite, roquésite, witichénite...).

La molybdénite a été trouvée récemment en place à *la Combe du Laurichard* dans deux petits filons sensiblement parallèles de 40 cm de puissance. Ce minerai se présente au contact du filon de quartz avec la roche encaissante sous forme de petites lamelles ne dépassant pas le centimètre carré.

Ce minerai a été rencontré également associé au quartz dans les moraines du glacier

de l'Homme ainsi que dans les éboulis que domine la Meijette (ce dernier indice est différent de celui de la Meije qui n'a pas pu être retrouvé).

Dans le massif des Grandes Rousses

Les gîtes sont de type filonien et renferment de la chalcoppyrite dans une gangue de quartz avec présence constante de pyrite et de cuivre gris, sporadique de galène et exceptionnelle de blende.

A la Cochette, on distingue 6 centres de recherches qui ont porté sur un réseau filonien qui se développe sur plus d'un kilomètre le long du ruisseau de la Clochette. Le filon *du lac de la Fare* est visible sur plus d'un kilomètre depuis le lac où il affleure dans la paroi qui domine la rive est du lac et sur le bord du rivage ouest. Le filon de l'Herpie à la limite des feuilles Vizille et La Grave apparaît sur une vingtaine de mètres au-dessus des éboulis avec une direction sensiblement est-ouest et un pendage presque vertical.

AUTRES SUBSTANCES MINÉRALES

Ardoise. De petites exploitations, toutes abandonnées depuis longtemps, implantées dans le « Lias schisteux », Domérien surtout, ont fonctionné près de Besse-en-Oisans, Cuculet (2 ardoisières), Clavans, Mizoën (8 ardoisières), La Grave et Ventelon (indications bibliographiques).

Charbon. Les couches productives du Houiller briançonnais : Namurien, Westphalien A et C ont permis autrefois (jusqu'en 1950 parfois) l'implantation de quelques mines de charbon au-dessus de l'Alpe du Lauzet, en rive gauche de la Guisane, avec les concessions de Roche-Colombe, des Gadjors et près de Valloire.

La concession de Roche-Colombe au pied sud du signal de la Ponsonnière a exploité une mince bande de Houiller qui n'est qu'une lame tectonique entre les calcschistes sub-briançonnais et les quartzites du Trias briançonnais, à plus de 2 400 m d'altitude.

La concession des Gadjors (en grande partie sur la feuille Névache) située dans le vallon du torrent du Rif autour du pic de La Bruyère et au pied du col du Charbonnet avait été divisée en « quartiers » établis entre 2 200 et 2 400 m (quartiers des Petites Chalanches, la Balme, les Serres, les Gadjors et le Clos d'Ane) où on exploitait surtout le Westphalien A et C. L'extraction consistait en fait en un grand nombre de grattages superficiels (30 m de profondeur au plus) effectués par des mineurs paysans sur des couches de charbons (orientés N-S avec un pendage de 40° E) qui ne dépassent pas un mètre de puissance.

Dans la région de Valloire, le Westphalien C était exploité au Chezlu entre la Rivine et les Choseaux-Verneys et à la mine des Charbonnières (x = 922,05 ; y = 326,6) à la sortie nord du village.

Partout, il s'agit d'anhracite ou même de péranthracite (< 8 % de m.v.) résultant des effets de la tectonique régionale ; le minerai est toujours très écrasé et réduit en une fine poussière (*molle* des mineurs).

A l'Ouest de la feuille, le Houiller des zones externes ne semble pas avoir été exploité ; seuls quelques grattages ont été faits en divers points (Clavans, Nord du Fréney d'Oisans).

HYDROGÉOLOGIE

Les remplissages alluviaux étant très rares et de faibles superficies sur l'ensemble de la feuille, l'alimentation en eau est celle d'un pays montagneux très accidenté, c'est-à-dire par eau gravitaire ; les résurgences sont nombreuses, de débit faible en général, mais suffisant pour les besoins de la région.

Tous les terrains anté-quaternaires rencontrés se comportent comme des

stratums plus ou moins imperméables sur lesquels les eaux météoriques ruissellent et ne pénètrent qu'à la faveur des réseaux de diaclases, vite colmatés d'ailleurs par les dépôts argileux ; les zones broyées peuvent donner lieu à des circulations plus importantes (perméabilité de fissure).

Quoi qu'il en soit, les émergences (de faible débit) se font en général dans le Quaternaire : éboulis de pied de falaises, placages morainiques, dépôts fluviaux. Ces sources, liées aux fracturations ont des débits indépendants de l'importance des bassins versants topographiques.

Deux assises du Trias, les cargneules et les calcaires dolomitiques du Briançonnais sont plus particulièrement perméables :

- les cargneules, roches vacuolaires ou cavernueuses, ont une perméabilité en grand et peuvent donner lieu à de grosses résurgences (cascade de la Pisse), les eaux y circulent rapidement, sans filtration et sont très chargées en carbonates et sulfates (tufs du Lautaret, par exemple) ;
- les calcaires dolomitiques, bien développés dans les massifs de la Sétaz et du Grand Galibier, ont des circulations aquifères liées à leurs réseaux karstiques et aux différents systèmes de fractures. Ils reposent sur de puissants ensembles de calschistes (sub-briançonnais) ou grès pélitiques (zone houillère) jouant le rôle d'écran imperméable où se concentrent les émergences.

Le modelé glaciaire et les dépôts qui lui sont liés jouent un rôle plus important. Les remblaiements morainiques par leur perméabilité et leur pouvoir de filtration sont de bons réservoirs et, de plus, ils collectent et régularisent les eaux des bassins versants ; ils sont donc assurés de débits importants en toutes saisons (pays de flysch).

Les glaciers pierreux édifiés sur des surfaces d'érosion ancienne ou sur de vieilles moraines, bien que dépourvus d'écoulement superficiel, laissent toujours filtrer à leur front des eaux abondantes (Combeynot, Grand Galibier) ; ainsi, l'agglomération de Valloire est alimentée par les eaux du rock-glacier de la Clapière, aux Mottets.

Les terrains glissés, très argileux et instables, sont certes imbibés d'eau mais les circulations y sont très capricieuses et les émergences diffuses, donnant des zones marécageuses en tête de glissement et sur tous les replats de la masse glissée (versant ouest de la Neuvachette).

Les alluvions de la Romanche à Villar-d'Arène et au Plan de l'Alpe ont des épaisseurs de l'ordre de la cinquantaine de mètres ; elles sont très colmatées en surface sur une dizaine de mètres et renferment ensuite de belles nappes phréatiques alimentées par les cônes d'éboulis de versants.

Source thermo-minérale de la Liche des Chamois.

L'émergence se situe sur le flanc oriental du Combeynot, dans le Trias, au contact du socle et de la base du flysch. C'est une eau chaude (22°) très salée, chloro-sulfatée, calcique et sodique, dont les dépôts de tufs rouges sont visibles de la route du Lautaret.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SONDAGES ET GALERIE

Les sondages et la galerie (coordonnées calculées d'après les documents inventoriés) dont les résultats sont donnés ci-dessous ont été effectués entre 1930 et 1948, soit pour des études préalables de sites de barrages envisagés sur le plateau d'Emparis (Rif-Tort), à Villard-d'Arène et au Plan de l'Alpe (Romanche supérieur), soit pour alimenter la retenue du Chambon (galerie du Ferrand) :

Sondages du Rif-Tort (1945)

Huit sondages avaient été implantés à proximité des chalets du Rif Tort et de part et d'autre du torrent (six suivant une ligne E.NE-W.SW et deux légèrement décalés vers le Nord), limite des départements des Hautes-Alpes et de l'Isère :

— dans les Hautes-Alpes :

- 798-6-1, (1)^(*), $x = 906,09$; $y = 314,80$; profondeur = 58 mètres
 - 2 226,65 - alluvions
 - 2 221,75 - schistes du Lias, plus calcaires dans les derniers mètres
 - 2 184 - calcaires dolomitiques, un peu cargneulisés
 - 2 177,14 - cargneules
 - 2 168,65 - arrêt du sondage
- 798-6-2, (4), $x = 905,960$; $y = 314,725$; profondeur = 47,5 mètres
 - 2 229,39 - alluvions
 - 2 227,19 - calcaires schisteux avec calcite et quartz, Lias
 - 2 186,39 - cargneules
 - 2 171,90 - arrêt du sondage
- 798-6-3, (2), $x = 905,850$; $y = 314,670$; profondeur = 51,60 mètres
 - 2 212,46 - alluvions
 - 2 208,40 - calcaire schisteux avec filons de calcite, quartz et oxyde de fer, Lias
 - 2 165 - calcaire altéré et vacuolaire, cargneulisé
 - 2 160,86 - arrêt du sondage
- 798-6-4, (8), $x = 905,250$; $y = 314,875$; profondeur = 40,50 mètres
 - 2 209,54 - alluvions
 - 2 207,54 - schistes très pourris du Lias, veines de calcite et quartz par places
 - 2 182,89 - sables jaunes à grains de quartz et micas qui peuvent représenter des cargneules terreuses ou des sédiments superficiels entraînés par les eaux dans une cavité du Lias
 - 2 172,89 - cargneules franches
 - 2 169 - arrêt du sondage

— dans l'Isère :

- 798-6-101, (3), $x = 905,720$; $y = 314,610$; profondeur = 52,20 mètres
 - 2 190,58 - alluvions
 - 2 187,63 - schistes plus ou moins calcaires du Lias
 - 2 153,13 - calcaires schisteux puis calcaires compacts rubéfiés du Lias
 - 2 138,38 - arrêt du sondage
- 798-6-102, (5), $x = 905,610$; $y = 314,550$; profondeur = 68,20 mètres
 - 2 198,76 - alluvions
 - 2 196,76 - calcaires schisteux avec calcite et quartz, Lias
 - 2 169,26 - calcaires et schistes très altérés avec quartz et calcite
 - 2 143,16 - calcaires rubéfiés et vacuolaires du Lias
 - 2 130,56 - arrêt du sondage
- 798-6-103, (6), $x = 905,510$; $y = 314,50$; profondeur = 49,15 mètres
 - 2 210,34 - alluvions
 - 2 209,24 - calcaires durs du Lias devenant plus schisteux au-delà de la cote 2 189
 - 2 161,20 - arrêt du sondage
- 798-6-104 $x = 905,650$; $y = 314,700$; profondeur = 41,40 mètres
 - 2 194,18 - alluvions
 - 2 193,18 - calcaires schisteux du Lias assez altérés
 - 2 152,78 - arrêt du sondage

* Les numéros entre parenthèses sont ceux portés sur les rapports géologiques d'où sont tirés les résultats.

Sondages du Plan de l'Alpe de Villar-d'Arène (1930 à 1945)

De nombreux sondages ont été effectués dans les alluvions de la Romanche supérieure, un des plus profonds sera décrit :

- 798-7-2, (S1), $x = 918,320$; $y = 308,550$; profondeur = 61,20 mètres
- 1 961,10 - sables, graviers et gros blocs, imperméables sur une dizaine de mètres
- 1 915,07 - Cristallin
- 1 899,90 - arrêt du sondage

Sondages de Villar-d'Arène (1943 à 1946)

Neuf sondages ont été exécutés, le plus intéressant est descendu à - 80 mètres

- 798-7-3, (SV2), $x = 915,690$; $y = 308,550$
- 1 600 - schistes et rognons de quartz représentant le Lias glissé
- 1 597 - alluvions à galets de cristallin, nappe aquifère abondante
- 1 580 - arrêt du sondage

Galerie du Ferrand (1948)

- 798-5-1 : entrée nord : $x = 899,530$; $y = 312,740$; $z = 1 076,50$
- 798-5-1 : sortie sud : $x = 899,580$; $y = 312,230$; $z = 1 073,00$

C'est une galerie de 510 m de long passant sous le village de Mizoën afin d'amener les eaux du Ferrand dans la retenue du Chambon ; elle traverse en grande partie des schistes calcaires noirs du Lias (filons de quartz et calcite) très redressés et, près de l'entrée nord, quelques mètres de dolomies lenticulaires grises très disloquées représentant un Trias très tectonisé et étiré, puis des conglomérats grossiers à galets de quartz et cristallins (Houiller ?) constituant également les rives du Ferrand au droit du barrage de dérivation.

ITINÉRAIRES GÉOLOGIQUES

Un itinéraire, très classique, traverse la feuille La Grave d'Ouest en Est ; c'est celui qui emprunte les gorges de la Romanche du Chambon au Lautaret et atteint Briançon par la vallée de la Guisane. Le lecteur se reportera, dans le livre de J. Debelmas : « Alpes » (Savoie et Dauphiné), 1970, à l'itinéraire IV et plus particulièrement aux pages 118 à 125. Pour le détail des zones ultra-dauphinoise et sub-briançonnaise de cette région, on consultera aussi les publications de R. Barbier (1963, principalement).

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages généraux

- BARBIER R. (1948) — Les zones ultra-dauphinoise et sub-briançonnaise entre l'Arc et l'Isère. *Mém. Expl. Carte géol. Fr.*, 291 p.
- DEBELMAS J. (1970) — Alpes (Savoie et Dauphiné). *Guides géologiques régionaux*, Masson éd., 213 p.
- GIGNOUX M. et MORET L. (1938) — Description géologique du bassin supérieur de la Durance. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 21.

Terrains sédimentaires

Zones externes

- BARBIER R. (1953) — Stratigraphie et tectonique du flysch des Aiguilles d'Arves, entre l'Arc et ces aiguilles. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 89-90.

- BARBIER R. (1954) — L'âge des spilites du versant sud du Pic des Trois Évêchés, près du col du Lautaret (Hautes-Alpes). *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 7, p. 148-149.
- BARBIER R. (1956) — L'importance de la tectonique « anté-nummulitique » dans la zone ultra-dauphinoise au Nord du Pelvoux : la chaîne arvinche. *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. 6, p. 335-370.
- BARBIER R. (1963) — La tectonique de la zone ultra-dauphinoise au NE du Pelvoux. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 39, p. 239-246.
- BARBIER R. et BARFETY J.-C. (1972) — Les structures est-ouest de la zone ultra-dauphinoise du Pays des Arves (Savoie, Hautes-Alpes) et leur signification (feuilles La Grave et Saint-Jean-de-Maurienne à 1/50 000). *Géologie alpine*, t. 48, fasc. 2, p. 151-158.
- BARBIER R., BARFETY J.-C., MOUTERDE R., PETITEVILLE J. (1975) — Le Jurassique des zones externes des Alpes sur la feuille La Grave à 1/50 000 (Dauphiné, Savoie). *Géologie alpine*, t. 51.
- BECKER J. (1952) — Étude palynologique des tourbes flandriennes des Alpes françaises. *Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, n° 11, 61 p.
- BOCQUET J. et MICHEL R. (1966) — Sur la présence de galets de laves rhyolitiques dans les conglomérats du delta miocène de Voreppe (Isère). *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. 8, p. 281-284.
- GIGNOUX M. et MORET L. (1940-41-42) — Les conditions géologiques du barrage du Chambon-Romanche. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 23, p. 6-60.
- HAUDOUR J. et SARROT-REYNAULD J. (1964) — Le Carbonifère des zones externes des Alpes françaises. 5ème Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère (1963), p. 119-173.
- MORET L. et ROCH E. (1924) — Révision de la feuille Briançon au 1/80 000. Sur les tufs pléistocènes du Lautaret. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. 28, n° 155, p. 114-115.
- VERNET J. (1965) — Les écailles flottantes du socle aux bordures est et nord des Grandes-Rousses. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 41, p. 259-160.
- Zones internes*
- BARBIER R. (1963) — La zone sub-briançonnaise dans la région du col du Galibier. *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 39, p. 247-257.
- BARFETY J.-C., GIDON M. et KERCKHOVE C. (1968) — Sur l'importance des failles longitudinales dans le secteur durancien des Alpes internes françaises. *C.R. Acad. Sc.*, t. 267, p. 394-397.
- BULARD P. et DEBELMAS J. (1961) — Contribution à l'étude de la zone briançonnaise : le massif de la Sétaz (Savoie). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 264, t. 58, p. 253-270.

- FABRE J. (1961) — Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie). *Mém. B.R.G.M.*, 2, 315 p.
- FEYS R. (1963) — Étude géologique du Carbonifère briançonnais (Hautes-Alpes). *Mém. B.R.G.M.*, 6, 387 p.
- GIGNOUX M. et MORET L. (1937) — Géologie et morphologie de la vallée de la Valloirette (Savoie), du col du Galibier à Saint-Michel de Maurienne. *Rev. Géogr. alpine*, t. 25, p. 347-379.
- GREBER C. (1965) — Flore et stratigraphie du Carbonifère des Alpes françaises. *Mém. B.R.G.M.*, 21, 380 p.
- TARDI P. (1957) — Expériences séismiques dans les Alpes occidentales en 1956 ; résultats obtenus par le « Groupe d'Études des Explosions alpines ». *C.R. Acad. Sc.*, 244, 9, p. 1114-1119.
- TISSOT B. (1956) — Études géologiques du massif du Grand-Galibier et des Cerces (zone briançonnaise). *Trav. Lab. Géol. Grenoble*, t. 32, p. 110-192.

Terrains cristallins

- BARBIÉRI A. (1970) — Étude pétrographique de la partie orientale du massif des Écrins-Pelvoux : les granites. Aperçu sur la géochronométrie du massif. Thèse 3ème cycle, Grenoble.
- BORDET P. (1961) — Particularités géologiques du « synclinal médian » dans le Sud du massif des Grandes Rousses. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 2, p. 44-45.
- BORDET P. et BORDET Cl. (1960-63) — Belledonne, Grandes-Rousses et Aiguilles Rouges—Mont-Blanc : quelques données nouvelles sur leurs rapports structuraux. *Livre à la mémoire de P. FALLOT*, t. 2, p. 311-316.
- GIRAUD P. (1952) — Les terrains métamorphiques du massif des Grandes Rousses. *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. 2, p. 379-402.
- LACOMBE J.-C. (1970) — Étude pétrographique de la partie orientale du massif des Écrins-Pelvoux : le complexe volcano-sédimentaire. Thèse 3ème cycle, Grenoble.
- LE FORT P. (1971) — Géologie du Haut-Dauphiné (Alpes françaises). Étude pétrologique et structurale de la partie occidentale. Thèse ronéotypée, C.N.R.S., Nancy, 395 p.
- LE FORT P., BARBIÉRI A., GILLOT C., LACOMBE J.-C., PÉCHER A. et VIALON P. (1969) — Existence d'un socle précambrien dans le massif des Écrins-Pelvoux (Alpes du Dauphiné). *C.R. Acad. Sc.*, t. 268, p. 2392-2395.
- LE FORT P. et PÉCHER A. (1971) — Géologie des terrains cristallins de la Meije (Alpes du Dauphiné). *Géologie alpine*, t. 47, fasc. 1, p. 69-78.
- LE FORT P. et PÉCHER A. (1971) — Présentation d'un schéma structural du Haut-Dauphiné cristallin. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 273, p. 3-5.

POTY B. (1969) — La croissance des cristaux de quartz dans les filons, sur l'exemple du filon de la Gardette (Bourg-d'Oisans) et des filons du massif du Mont-Blanc. Thèse Nancy, *Sc. de la Terre, Mém. Fr.*, 17, 161 p.

TERMIER P. (1874) — Le massif des Grandes Rousses. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. IV.

Cartes géologiques à 1/80 000 :

- Feuille Saint-Jean-de-Maurienne (179) :
 - 1ère édition (1895), par Potier, M. Bertrand, P. Termier, W. Kilian et Offret
 - 2ème édition (1931), par M. Gignoux, P. Lory, Orcel, E. Raguin, H. Schoeller et E. Roch
- Feuille Briançon (189) :
 - 1ère édition (1900), par P. Termier, W. Kilian, M. Lugeon et P. Lory
 - 2ème édition (1933), par M. Gignoux, L. Moret, E. Raguin et D. Schneegans
 - 3ème édition (1969), coordination par M. Lemoine.

Cartes des gîtes minéraux de la France à 1/320 000 :

- Feuille Avignon (1964), coordination par F. Permingeat
- Feuille Lyon (1963), coordination par F. Permingeat

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

Les documents, cartes à 1/20 000 et à 1/50 000, rapports inédits, ayant servi à l'établissement de cette feuille et de sa notice, ainsi que les collections d'échantillons et de fossiles s'y rapportant sont déposés à Grenoble : Institut Dolomieu (rue Maurice Gignoux) et au Service géologique régional, annexe de Grenoble (18, rue Général Champon).

La Banque des données du sous-sol du B.R.G.M. détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés :

- pour les départements de l'Isère et de la Savoie, au S.G.R. Jura-Alpes, 43 boulevard du 11 novembre, B.P. 6083, 69604 - Villeurbanne-Croix-Luizet ;
- pour le département des Hautes-Alpes, au S.G.R. Provence-Corse, Domaine de Luminy, Route Léon Lachamp, 13009 - Marseille ;
- ou encore au B.R.G.M., 17-19 rue de la Croix-Nivert, 75015 - Paris.

AUTEURS DE LA NOTICE

Cette notice explicative a été rédigée en 1973 par : R. BARBIER, J.-C. BARFETY, A. BOCQUET, P. BORDET, P. LE FORT, J. MELOUX, R. MOUTERDE, A. PÉCHER et M. PETITEVILLE.