

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

MAURIAC

par

R. BROUSSE, M.J. LE GARREC, P. TEMPIER, Y. VEYRET-MEKDJIAN

MAURIAC

La carte géologique à 1/50 000
MAURIAC est recouverte par la coupure
MAURIAC (N° 174)
de la carte géologique de la France à 1/80 000.



Meymac	Bort-les-Orgues	La Tour d'Auvergne
La Roche-Canillac	MAURIAC	Riom-es-Montagnes
Argentat	Pleaux	Murat



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boite postale 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France



BRGM

**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
MAURIAC A 1/50 000**

par

R. BROUSSE, M.J. LE GARREC, P. TEMPIER, Y. VEYRET-MEKDJIAN

1989

Éditions du BRGM - BP 6009 - 45060 ORLÉANS Cedex 2 - FRANCE

Références bibliographiques. Toute référence en bibliographie au présent document doit être faite de façon suivante :

- *pour la carte* : BROUSSE R., LE GARREC M. J., TEMPIER P., VEYRET Y. (1989) - Carte géol. France (1/50000), feuille MAURIAC (763) — Orléans: Bureau de recherches géologiques et minières - Notice explicative par BROUSSE R., LE GARREC M. J., TEMPIER P., VEYRET-MEKDJIAN Y. (1989), 106 p.

- *pour la notice* : BROUSSE R., LE GARREC M. J., TEMPIER P., VEYRET-MEKDJIAN Y. (1989) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille MAURIAC (763) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 106 p. Carte géologique par BROUSSE R., LE GARREC M. J., TEMPIER P., VEYRET Y. (1989).

© **BRGM**, 1989. Tous droits de traduction et de reproduction réservés. Aucun extrait de ce document ne peut être reproduit, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (machine électronique, mécanique, à photocopier, à enregistrer, ou tout autre) sans l'autorisation préalable de l'éditeur.

N°ISBN : 2-7159-1763-5

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	5
DESCRIPTION DES TERRAINS	6
<i>TERRAINS MÉTAMORPHIQUES ET CRISTALLINS</i>	6
Conditions d'établissement de la carte du socle	6
Histoire de la région	6
Présentation des unités géologiques du socle	9
Description des différentes formations	11
<i>TERRAINS SÉDIMENTAIRES</i>	34
Formations primaires	34
Formations tertiaires antévolcaniques	36
Formations superficielles - Quaternaire	39
<i>TERRAINS VOLCANIQUES ET VOLCANO-SÉDIMENTAIRES</i>	40
Basaltes alcalins sodiques pliocènes du Cantal	41
Basaltes pliocènes du Sillon Houiller	47
Basaltes miocènes du Cantal	49
Laves différenciées de la province du Cantal	53
Téphra, niveaux volcano-sédimentaires et sédimentaires interstratifiés	55
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES	61
<i>TECTONIQUE DES TERRAINS CRISTALLINS</i>	61
<i>TECTONIQUE DES TERRAINS PRIMAIRES</i>	63
<i>TECTONIQUE DES TERRAINS TERTIAIRES</i>	64
OCCUPATION DU SOL	64
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	64
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	64
<i>SUBSTANCES UTILES, RESSOURCES MINÉRALES</i>	67
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	71
<i>COUPES RÉSUMÉES DES SONDAGES</i>	71
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	71
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	76
AUTEURS DE LA NOTICE	76
ANNEXES	77
<i>ANALYSES CHIMIQUES ET MICROANALYSES</i>	77
<i>LEXIQUE</i>	106

INTRODUCTION

Située au cœur du Massif central, la carte géologique Mauriac comprend plusieurs unités géologiques :

- le *socle polymétamorphique et cristallin* affleure à l'Ouest et au Nord-Ouest ;
- la terminaison occidentale du *massif volcanique mio-pliocène du Cantal* couvre le Sud-Est et l'Est ;
- les terrains *sédimentaires oligo-miocènes* recouvrent la moitié est de la carte ;
- le *Sillon Houiller* qui, de Noyant à Decazeville, traverse le Massif central est ici irrégulièrement suivi d'Ydes au Nord à Coste-Mauve au Sud. Des pointements volcaniques lui sont liés lors d'une réactivation tertiaire du sillon.

Il y a lieu d'ajouter qu'à l'Est de ce Sillon Houiller est un autre accident majeur du Massif central : la *faille de Tauves—Saint-Sauves*. De direction N 35°, la faille devient, plus au Sud, subparallèle au Sillon Houiller. A Jaley-rac, les terrains miocènes masquent les deux fractures alors peu distantes l'une de l'autre.

Morphologie

A l'Ouest de la Dordogne, l'altitude moyenne de la pénéplaine est de 550 à 600 m puis, à l'Est d'une ligne Champagnac—Mauriac, le socle est découpé en panneaux NNE-SSW assez fortement dénivelés les uns par rapport aux autres.

D'Ouest en Est, après avoir quitté la pénéplaine, se rencontrent successivement :

- l'effondrement du Sillon Houiller : l'altitude du socle, non connue, peut être estimée à —150 m ;
- le horst du Fayet—Estillols : socle à 550 m ;
- le graben de Saignes : socle à 500 m environ ;
- le horst du Toulat—Auterocroche : socle à 700 m.

Au Sud de la carte, l'altitude du socle, effondré dans le graben de Salins, est à 200 m environ.

Les planèzes cantaliennes s'élèvent doucement vers l'Est : de 600 m à Mauriac elles atteignent 1000 m dans le coin sud-est (pente moyenne de 2 %). Les différentes planèzes basaltiques entre les principales rivières sont, du Nord au Sud, celles :

- de Trizac, au Nord du Marilhou ;
- de Moussages, entre le Marilhou et le Mars ;
- de Mauriac entre le Mars et l'Auze ;
- de Salers-Pleaux au Sud de l'Auze.

Les deux premières ont une tête commune au Suc de Rond, alors que les deux dernières se confondent au Puy Violent.

La pente des planèzes est une conséquence directe de la puissance progressivement croissante des terrains volcaniques du Cantal, des bordures au centre : de 100 m à Mauriac à 140 m à Colture (vallée du Mars).

Hydrologie

La région est drainée par le cours moyen de la Dordogne qui entaille profondément la pénélaine en s'enfonçant de près de 250 m au pont de Spon-tour. Ses principaux affluents sont :

- en rive droite, la Luzège ;
- en rive gauche : la Sumène grossie du Mars qui, en amont de Pons, coule au fond d'une typique vallée glaciaire ;
- l'Auze qui quitte les terrains volcaniques à la hauteur de la cascade de Salins.

La Dordogne est élargie à la hauteur des retenues hydroélectriques des barrages de l'Aigle et d'Enchannet (ce dernier situé en dehors de la feuille Mauriac).

DESCRIPTION DES TERRAINS

TERRAINS MÉTAMORPHIQUES ET CRISTALLINS

Conditions d'établissement de la carte du socle

Les levés se sont échelonnés de 1962 à 1966, dans le cadre de la thèse d'État de P. Tempier pour le socle situé à l'Ouest du Sillon Houiller (série de la moyenne Dordogne). Cette même région a été reprise de 1980 à 1983, à la fois par P. Tempier et par des étudiants de DEA dont les levés ont été contrôlés et incorporés aux autres données.

La partie située à l'Est du Sillon Houiller a fait l'objet de campagnes de terrain de 1980 à 1983, les levés préliminaires de 1980 et 1981 étant faits dans le cadre de stages de DEA, le travail final ayant fait l'objet de levés en 1981, 82 et 83 par P. Tempier.

Tous les levés de terrain ont été faits à l'échelle du 25 000^e, soit à partir de la couverture aérienne (mission 1956) pour les levés de 1962 à 1966 (seule la carte d'état-major en hachures étant alors disponible), soit à partir des cartes IGN à 1/25 000 pour les levés ultérieurs.

Histoire de la région

Les séries cristallophylliennes appartiennent à deux ensembles, actuellement en contact, mais d'origine géographique différente :

- un *ensemble micaschisteux* essentiellement pélitique, lithologiquement assez monotone a été déposé dans une structure subsidente dont les témoins actuels sont la série de Bourg-Lastic, du Sud-Chavanon, les micas-

chistes de la moyenne Dordogne et de son prolongement sud, ainsi que les micaschistes de Millevaches (Tempier *et al.*, 1982). La forme actuelle est grossièrement N-S, mais ne correspond pas nécessairement à l'allongement originel ;

— recouvrant ce premier ensemble par chevauchement, existe un *ensemble grésopélitique* comportant d'anciens leucogranites et granodiorites, ainsi que des fragments d'un ensemble magmatique bimodal (groupe leptyno-amphibolique). Les formations chevauchantes sont constituées par une accumulation de téguments de provenances différentes.

L'âge des dépôts pélitiques n'est pas connu, mais pourrait être briovérien ou cambrien. Les formations chevauchantes, par analogie aux formations semblables connues dans d'autres régions, pourraient également être briovériennes, ou cambriennes pour les plus récentes.

Dans un premier temps, les deux ensembles ont évolué chacun pour leur propre compte. La série pélitique a été affectée par un métamorphisme faible, épizonal, alors que la série chevauchante a dû comporter un épisode HP-HT conduisant à l'apparition de granulites dans les parties les plus profondes (non représentées sur la feuille Mauriac), alors que les parties plus hautes subissaient un premier phénomène d'anatexie. Dans un stade ultérieur, sont mis en place des matériaux granodioritiques pouvant atteindre des niveaux non encore métamorphisés.

A partir de ce moment, des phénomènes de serrage de grande ampleur ont conduit à la formation de chevauchements profonds accompagnés d'un métamorphisme de type barrovien. Ces zones de déformation, peu pentées, entraînent le matériel profond vers l'Ouest où il est venu recouvrir la série pélitique épizonale, en y provoquant une augmentation du degré de métamorphisme (développement de biotite, staurotide, almandin, éventuellement traces de disthène à proximité des zones déformées).

Les zones de chevauchements intracrustaux sont soulignées par l'installation de leucogranites syncinématiques dont la datation permet d'attribuer à ces phénomènes un âge de l'ordre de 420-430 Ma (orthogneiss de Tauves). A l'intérieur des gneiss recouvrant, apparaissent d'autres éléments de tectonique tangentielle, en particulier à l'extrême Nord-Est de la feuille Mauriac et à la limite des feuilles La Tour-d'Auvergne et Riom-ès-Montagnes, où les gneiss de la série de Champs viennent chevaucher des gneiss à sillimanite situés plus à l'Ouest et au Sud, avec présence, là encore, de massifs de méta-leucogranites (méta-leucogranites du Saut de la Saule). La poussée s'effectue cette fois en direction du Sud-Est. Les gneiss à sillimanite, particulièrement bien développés dans la série de la moyenne Dordogne, à l'Ouest du Sillon Houiller, montrent, dans leur partie inférieure, une rétro-morphose et une déformation importante liée à la zone de contact. La partie située à l'Est du Sillon Houiller, sans doute proche du plancher, est toujours rétro-morphosée.

La tectonique tangentielle n'engendre pas de grandes structures plicatives, ce qui conduit à penser que la création de la foliation se fait lors de glisse-

ments lits-à-lits au sein de la masse en mouvement. Seule la zone la plus proche du contact avec les formations chevauchées présente de fortes hétérogénéités dans le déplacement engendrant des plis isoclinaux décimétriques à plans axiaux peu pentés et dont la trace la plus évidente est constituée par des amandes de quartz pliées et boudinées.

On peut assimiler à un même mécanisme les plis déversés isoclinaux de direction N 60 et plans axiaux faiblement pentés qui apparaissent en quantités importantes à l'Est du Sillon Houiller dans les gneiss de Champs, rétro-morphosés ou non. L'absence de grands plis correspondant à la création de la surface S_1 (P_1) et l'existence de nombreux petits plis reprenant pour l'essentiel la S_1 , conduisent à penser qu'il existe un continuum de déformations correspondant aux classiques phases P_1 et P_2 .

La fin de ces mouvements s'accompagne de phénomènes anatectiques importants conduisant à l'apparition, au sein des gneiss à biotite-sillimanite et des formations associées, de métatexites. On peut penser également qu'intervient aussi à ce moment le chevauchement des migmatites à cordiérite sur les gneiss, marqué par des rétro-morphoses et des déformations de part et d'autre, mais également des fusions partielles au sein des migmatites à cordiérite.

Plus tardivement intervient une phase de plissement post-métamorphe (sauf conditions locales particulières), marquée par l'existence de plis pluri-kilométriques, particulièrement bien marqués à l'Ouest du Sillon Houiller avec la synforme de Saint-Pantaléon (phase P_3). A partir de ce moment l'essentiel des déformations s'arrête.

L'ensemble de ces phénomènes tectono-métamorphiques correspond à un phénomène synchrone de l'orogénèse calédonienne et assure l'essentiel de la structuration de cette région.

Les événements proprement hercyniens sont beaucoup plus discrets, si l'on exclut, à l'Est du Sillon Houiller, l'existence d'un linéament ductile fonctionnant en décrochement et ayant entraîné vers le Sud une masse importante du groupe leptyno-amphibolique que l'on peut observer facilement dans la vallée du Mars entre Vendes et Pons. Il faut ensuite, pour retrouver cette formation, aller au Nord jusqu'à Lanobre (feuille Bort-les-Orgues).

Apparaît ultérieurement un métamorphisme statique discret, développé semble-t-il préférentiellement dans les micaschistes où la staurotide est rétro-morphosée en produits micacés, en même temps que se développe un peu d'andalousite (qui peut fossiliser des plis de phase 3), des cristaux d'albite et des chlorites en rosace.

Les derniers événements géologiques anté-stéphaniens sont la mise en place de granite à biotite : granite d'Ussel, granite de Gratte-Bruyère.

Les données géochronologiques actuellement disponibles permettent de caler l'histoire des formations présentes sur la feuille Mauriac dans une

période comprise entre 600 Ma et 400 Ma, si l'on exclut les événements hercyniens qui peuvent, eux, apparaître entre 350 et 300 Ma.

Présentation sommaire des unités géologiques du socle

Les formations cristallophylliennes, ainsi que les roches plutoniques associées, apparaissent dans les deux tiers nord-est de la feuille. Elles sont séparées en deux domaines par le Sillon Houiller.

• **A l'Ouest**, constituant la série de la moyenne Dordogne, apparaît une série de formations mésozonales à catazonales qui sont, du Sud au Nord :

—les micaschistes à muscovite-biotite, situés au Sud des vallées de la Dordogne et de l'Auze ;

—les gneiss à biotite-muscovite, également au Sud de ces vallées ou légèrement au Nord de la vallée de la Dordogne dans la région de Spontour (Sud-Ouest de la feuille) ;

—les gneiss à biotite, sillimanite, cordiérite, feldspath potassique, qui occupent la majorité de la partie occidentale de la feuille ;

—les migmatites et gneiss migmatiques (métatéxites) à sillimanite et cordiérite, correspondant aux mêmes paragenèses que les gneiss, seul le degré d'anatexie les différenciant ;

—les migmatites à cordiérites, présentant une bordure le plus souvent à caractère gneissique et un cœur granitoïde à nodules de cordiérite largement développés ;

—à l'intérieur des gneiss à biotite-sillimanite-feldspath potassique, d'origine sédimentaire, on rencontre des formations orthodérivées constituant des massifs de taille variable :

- orthogneiss de l'Auze à composition leucogranitique,

- métagranite de l'Aigle (migmatites stratoïdes de l'Aigle) et le massif associé de la vallée de la Luzège,

- les migmatites leucocrates à grain fin, pouvant correspondre soit à d'anciens leucogranites, soit à du matériel d'origine volcanique acide ;

—les leucogranites sont représentés par des réseaux filoniens ou des stocks leucogranitiques en particulier dans la région de Lapeau ;

—le granite de Gratte-Bruyères apparaît comme un laccolite en position sub horizontale. Il s'agit d'un granite très chargé en loupes micacées et en cristaux de cordiérite ;

—le granite d'Ussel, intrusif dans la série de la moyenne Dordogne, a une composition de granodiorite. Il apparaît au Nord de la feuille et se poursuit avec une largeur de plus en plus faible jusqu'à Vendes. Plus au Sud, au-delà de la vallée de la Sumène, il est remplacé par un granite à muscovite, à grain fin, fortement cataclaté ;

—il existe dans la série de la moyenne Dordogne des amphibolites peu nombreuses, en petits bancs au sein des paragneiss ainsi que deux masses nettement plus importantes qui présentent des caractères de terrain et pétrographiques tout à fait différents des premières. Il s'agit des amphibolites du carrefour de la route Neuvic—Mauriac et de la route d'Arches, et des

amphibolites du Roc-Blanc (au Nord-Est de Spontour), constituées par des roches massives à foliation peu nette, qui correspondent sans doute à d'anciennes projections basiques associées à des laves basiques. Dans les deux cas, les amphibolites sont enveloppées de gneiss à alternance de skarnoïdes.

Séparant structurellement les gneiss des micaschistes existe un accident chevauchant qui se prolonge à l'Ouest sur la feuille La Roche-Canilhac : le contact anormal de la Noaille. Cet accident, de type profond, provoque une déformation et une rétromorphose des gneiss chevauchants.

La structure générale est dominée par des plissements P_3 représentés à toutes les échelles par des plis droits ou faiblement déversés, à axes plongeant légèrement au Nord.

Les structures plurikilométriques correspondant à cette phase P_3 sont la synforme de Saint-Pantaléon, traversant du Nord au Sud la totalité de la feuille suivant une direction N 160 et se poursuivant sur la feuille Pleaux par celle de Tourniac, qui n'est plus représentée que par son flanc occidental. L'antiforme, mal exprimée, de Neuvic jouxte vers l'Est la synforme de Saint-Pantaléon.

• **A l'Est**, le socle cristallophyllien est largement masqué par le massif volcanique du Cantal. De plus, la structure est plus complexe qu'à l'Ouest.

D'Ouest en Est, au Sud de la faille de Charlus, on rencontre :

—une lame de métagranite de couleur rose, à muscovite secondaire, prolongement sur la feuille Mauriac du métagranite de Tauves. Cette lame s'amenuise progressivement vers le Sud pour disparaître vers Jaleyrac sous les formations sédimentaires et volcaniques et réapparaître à l'extrême Sud de la feuille au niveau de l'usine électrique de la Trizague ;

—des gneiss à biotite-sillimanite rétromorphosés où se développe de la muscovite secondaire ;

—un groupe leptyno-amphibolique à pendage vertical, coincé dans un cisaillement ductile de direction moyenne N 20-N 40;

—réapparition, à l'Est du groupe leptyno-amphibolique, de gneiss rétromorphosés.

Au Nord de la faille de Charlus, le groupe leptyno-amphibolique disparaît. Le métagranite de Tauves et les gneiss à biotite-sillimanite sont présents jusqu'à la longitude de la gare de Saignes, à l'Est de laquelle apparaissent des gneiss rétromorphosés sans sillimanite, à alternances flyschoides, en particulier dans la région de Saignes. Ces gneiss sont marqués par la présence de nombreux plis déversés sub-isoclinaux, parfois cisailés, de direction N 60.

L'extrême Nord-Est est particulièrement complexe avec la présence de lithologies variées : métaleucogranites de Tauves avec ou non de la muscovite, du Saut de la Saule, à biotite, et des gneiss leptyniques. Ces diverses formations participent à un système d'écaillages à vergence Ouest ou Sud-Est suivant les cas.

Description des différentes formations

ξ^1 ; ξ^2 . **Micaschistes.** Il s'agit de roches d'origine essentiellement pélitique ou grésopélitique. Limitées au Nord par le chevauchement des gneiss (contact anormal de la Noaille défini sur la carte La Roche-Canilhac), elles sont constituées par un faciès à forte dominante quartzofeldspathique à l'Ouest du méridien de la Ferrière. Il s'agit de roches à grain fin, à plans de foliation nets, à aspect brillant dû à la présence de petites paillettes de micas. La puissance de ces bancs est variable, mais elles dominent dans un secteur compris entre le bord ouest de la feuille, l'accident chevauchant au Nord, la faille de le Brieu à l'Est et une ligne Longuechaux—la Serre au Sud. Il y existe de nombreuses intercalations phylliteuses. La foliation est souvent fortement redressée avec de nombreux plis dissymétriques soulignés par des amandes de quartz déformé. Les axes des plis, orientés N-S, montrent un déversement vers l'Ouest. La roche, de teinte gris sombre, montre en lame mince : quartz, albite (An 7), oligoclase (An 15), biotite, muscovite, grenat, minéraux opaques et zircon.

Une analyse modale donne les proportions suivantes : quartz 55,3 % ; plagioclase 23,5 % ; muscovite 8,8 % ; biotite 12,3 % <K

Une analyse chimique calculée à partir de teneurs moyennes pour les différents minéraux indique : SiO_2 79,10 ; Al_2O_3 9,70 ; K_2O 2,20 ; Na_2O 2,60 ; CaO 0,40.

Au sein de la fenêtre de Spontour apparaît un niveau d'*amphibolite* d'environ 10 m de puissance, situé immédiatement en aval (rive gauche) du pont sur la Dordogne. La roche est compacte, de teinte sombre, à grain fin. Localement apparaissent quelques surfaces de foliation nettes, rendues brillantes par la présence de nombreuses petites biotites. Sur une section transverse, on ne voit guère que des aiguilles d'amphibole avec de minces traînées de biotite correspondant aux plans de foliation. En lame mince, on distingue : biotite, hornblende verte, quartz, labrador (An 54), apatite, pyrite. Une analyse chimique a été faite (voir annexe 1, analyse 1).

Au Sud des faciès quartzofeldspathiques apparaissent des faciès très riches en phyllites, dérivant d'anciennes pélites potassiques, qui présentent souvent des minéraux de métamorphisme comme le grenat, la staurotide, la sillimanite dans certains cas. Il s'agit de roches finement feuilletées, parfois plissotées au point de perdre toute foliation nette. Elles sont généralement altérées à l'affleurement et ne constituent pas de reliefs notables. Ces faciès occupent toute la partie sud de la feuille Mauriac, ainsi que la synforme de Marcillac-la-Croisille sur la feuille La Roche-Canilhac. Localement la richesse en phyllites devient extrêmement forte, le quartz et le feldspath n'étant plus alors représentés que par quelques pour-cent. Se développent alors en abondance grenat, staurotide et sillimanite. Ce faciès se trouve également en intercalations dans le faciès plus quartzofeldspathique, par exemple au Sud de la Roche-Viole ou sur la route de la Ferrière—Tourniac au niveau de la première épingle à cheveux.

A proximité du chevauchement se développe, de façon discrète, une association de plans S et C, mais la nature phylliteuse du matériel affecté ne permet pas de mettre nettement en évidence la déformation.

En lame mince, on a dans le faciès phylliteux les minéraux suivants : muscovite, biotite, grenat, chlorite, staurotide, albite (An 5-7), quartz. Le feldspath, souvent difficile à déterminer du fait de son altération, se présente en grands cristaux de forme régulière. La biotite, parfois chloritisée, marque la foliation avec une partie de la muscovite. La staurotide est très fortement rétomorphosée et tend à être remplacée par des amas de mica blanc, le remplacement pouvant être total pour certains cristaux. Éventuellement subsistent des traces de sillimanite disposées selon la foliation. Le grenat est lui aussi altéré et envahi par la chlorite ; ce dernier minéral se dispose parfois en amas rayonnants recoupant la foliation. Cette constitution minéralogique est constante dans toute la formation et est identique à celle rencontrée dans la région de Bourg-Lastic (Tempier 1972, 1974).

Une étude attentive permet de distinguer au moins deux paragenèses successives :

- biotite + muscovite I + staurotide + grenat + sillimanite (fibrolite) + quartz. Cette paragenèse est engagée dans les plis de phase 2 ;
- muscovite II + chlorite + albite + andalousite.

La présence sporadique d'andalousite indique une diminution de pression et de température. Ces cristaux ne sont pas déformés, contrairement à ceux de la paragenèse précédente et ils sont postérieurs aux microplis de phase 3 qu'ils peuvent englober.

Des analyses modales ont été faites sur le faciès phylliteux et ont été comparées à celles des formations similaires de la feuille Bourg-Lastic :

Feuille Mauriac		Feuille Bourg-Lastic
quartz	11	26,4 (5,0 à 31,0)
muscovite	58,3	32,2 (28,7 à 40,0)
biotite } chlorite }	23,2	29,5 (22,3 à 40,2)
feldspath	3,2	2,4 (0 à 7,1)
divers	4,0	8,5 (0 à 26,00)

(grenat, staurotide, sillimanite, andalousite).

Les formations micaschisteuses renferment de minces niveaux de schistes graphiteux, tantôt uniques sur certains affleurements, tantôt multiples sur d'autres. La zone contenant ce matériel graphiteux se moule sur les structures P₃ et constitue un ensemble sans doute continu, représenté sur les feuilles Mauriac et Pleaux à 1/50 000. Il s'agit d'une roche noire, salissante au toucher. Une analyse effectuée par les services du BRGM donne 7 % de C. Ce niveau est très souvent écrasé et laminé du fait de sa grande plasticité. Il se présente comme interstratifié dans les micaschistes et il est associé à des placages de pyrite parfois transformés en aluns (pikeringite). Quelques analyses chimiques d'éléments majeurs ont été effectuées par Berthelay (1969) sur le faciès phylliteux des micaschistes ; bien que les points de prélèvement se situent sur la feuille La Roche-Canilhac, elles permettent de se faire une opinion sur la composition moyenne de ces micas-

chistes qui présentent le même faciès sur les deux cartes (annexe 1, analyse 8).

La présence de ce niveau indique qu'au moins une partie de la sédimentation péltique s'est faite dans un bassin où régnaient des conditions réductrices et où se développaient des microorganismes.

ζ². **Gneiss à deux micas.** Ils apparaissent de part et d'autre du Sillon Houiller et il s'agit toujours de formations rétro-morphosées. Cependant, leur origine semblant être double, nous allons voir successivement les deux types de gneiss à deux micas.

- Les gneiss à deux micas constituent, à l'Ouest du Sillon Houiller, une bande grossièrement E-W, large d'environ deux kilomètres, qui passe progressivement aux gneiss à biotite-sillimanite-FK. Le faciès principal est constitué par des roches riches en quartz et feldspath plagioclase, à grain assez fin. Ce type de roche est particulièrement bien représenté entre le confluent Auze—Dordogne et la Ferrière. L'homogénéité de la roche rend parfois difficile la matérialisation des plans de foliation. Ce faciès constitue un ensemble continu depuis la faille de Saint-Jean (WSW de Mauriac) jusqu'à la Ferrière. A l'affleurement il y a souvent apparition d'une teinte rouille particulièrement développée sur les plans de diaclases. Les micas, de petite taille, sont représentés par la biotite et la muscovite en quantités variables.

En lame mince on distingue : quartz, oligoclase (An 12-An 17), biotite, muscovite, microline (assez peu), sillimanite (peu), zircon, minéraux opaques, albite (traces).

L'analyse modale donne : quartz 58,8 ; plagioclase 10,8 ; muscovite 15,8 ; biotite 14,3 ; FK + sillimanite 0,3.

La structure est granolépido-blastique et il y a souvent déformation des minéraux, le quartz pouvant être engrené et plus ou moins en lames. Dans la zone située à proximité du chevauchement, apparaît l'association S-C. La présence locale d'albite entourée de cristaux d'oligoclase semble indiquer au moins deux phases de cristallisation, la deuxième se faisant dans un environnement plus chaud. L'oligoclase contient également en inclusions des cristaux de quartz et de biotite. D'une manière générale la biotite a un fort pléochroïsme brun-rouge, et correspond à de petits cristaux très allongés ; localement il peut y avoir un début de chloritisation. La muscovite apparaît comme un minéral secondaire se formant aux dépens du feldspath potassique et de la sillimanite, en association symplectique avec du quartz. L'abondance de muscovite est d'autant plus grande que l'on se trouve à proximité du chevauchement.

Sur certaines sections perpendiculaires à la foliation, la roche apparaît comme formée d'une accumulation de petits corps lenticulaires correspondant à un fort développement du couple S-C. Si l'on excepte la déformation plus intense, ce faciès quartzofeldspathique des gneiss à deux micas présente une forte convergence avec certains micaschistes de la fenêtre de Spontour. Ces deux faciès ont d'ailleurs été décrits successivement par Roques (1941) et Pribile (1959) sous le nom de «gneiss sériciteux de Spontour».

A côté de ce faciès leptynique existe un faciès plus riche en phyllites, qui apparaît au Nord du premier. De bons affleurements en sont donnés par la route Spontour—Soursac. Le grain assez gros, les plans de foliation bien marqués et une texture parfois lépidoblastique en sont les traits principaux. Localement des plis isoclinaux (P_{1-2}) deviennent abondants et ont une direction sensiblement N-S avec un plan axial faiblement penté.

En lame mince on distingue : quartz, muscovite, biotite, oligoclase, sillimanite, FK (peu), grenat, zircon. En général, la structure est granolépidoblastique. Le quartz, xénomorphe est à extinction roulante. L'oligoclase présente deux phases de cristallisation l'oligoclase I (An 12) étant corrodé et entouré par l'oligoclase II (An 17) qui contient également en inclusions quartz, micas et grenats. Ce même oligoclase II peut englober des microplis. Certains cristaux de biotite de grande taille, disposés obliquement sur la foliation, présentent des kinks.

On peut rattacher à ce faciès les gneiss à deux micas situés à l'Est du Sillon Houiller dans les vallées du Mars et du Marilhou ainsi qu'à l'Ouest de Saïgues (ils sont d'ailleurs tous regroupés sous le même sigle et sous la même teinte sur la carte). Les caractéristiques en lame mince sont sensiblement les mêmes à l'exception de l'oligoclase qui semble n'appartenir qu'à une seule génération.

Les échantillons provenant d'affleurements proches du groupe leptyno-amphibolique montrent une déformation plus forte en moyenne et une muscovitisation parfois plus développée. La déformation, plus forte, tend à une granulation et un aspect en grains de riz des feldspaths. A proximité immédiate du groupe, les phénomènes de recuit apparaissent et effacent les déformations ainsi que la muscovitisation (au moins partiellement). De même, le faciès rétromorphosé situé au Nord du groupe leptyno-amphibolique et à l'Ouest de Saïgues permet de retrouver les mêmes minéraux et les mêmes structures.

Quelques analyses d'éléments majeurs ont été effectuées par Berthelay (1969) sur les « faciès phylliteux » de ces gneiss à 2 micas à l'Ouest du Sillon Houiller (annexe 1, analyses 2 à 6) et sur le faciès leptynique (annexe 1, analyse 7). Elles montrent une forte teneur en Al_2O_3 et K_2O , et de faibles quantités de Na_2O et CaO liées à l'abondance des micas.

D'autre part, des dosages de fluor ont été effectués par Fremion (1977) sur les différentes formations de la série de la moyenne Dordogne. Cette étude n'a pas mis en évidence une influence notable du métamorphisme sur la répartition du fluor dans les roches, mais plutôt une nette influence du lieu de sédimentation.

Une analyse modale effectuée sur des roches affleurant sur la route Spontour—Soursac donne les valeurs suivantes: quartz 14,11 ; FK 12,7; oligoclase 11,7; biotite 41,0; muscovite 6,3 ; sillimanite 14,2.

Ces chiffres sont très aléatoires et dépendent de la proximité de la zone de chevauchement qui tend à faire monter notablement la quantité de musco-

vite aux dépens de celle de la sillimanite et de FK ; c'est ainsi que près du contact, l'ensemble sillimanite-FK peut ne guère dépasser 2 % alors que la muscovite dépasse 27 % (analyse modale dans la zone de contact : quartz 22,9 ; plagioclase 21,5 ; muscovite 27,6 ; FK + sillimanite 2 ; biotite 26).

Cette grande variabilité de la quantité de muscovite en fonction de la place des échantillons par rapport au contact anormal, ainsi que le passage progressif aux gneiss à biotite-sillimanite, aussi bien pour les faciès quartzofeldspathiques que pour les faciès phylliteux, montrent que les gneiss à deux micas ne constituent nullement une unité lithologique originelle ou une zone de métamorphisme, mais bien un secteur en fort déséquilibre lié à l'existence d'une zone de cisaillement profond qui entraîne une déstabilisation des paragenèses préexistantes.

- Les gneiss présents essentiellement à l'Est de Ydes-Bourg (Cantal), sont marqués par une accumulation d'alternances de niveaux phylliteux et de niveaux quartzofeldspathiques dont la puissance est souvent inférieure au décimètre. De plus, ces roches ne présentent pratiquement pas de sillimanite sur les plans de foliation. Enfin, de très nombreux plis isoclinaux de direction N 60, aux plans axiaux à pendages importants (plis déversés), apparaissent sur les affleurements. Ces formations, à muscovite dans la plupart des cas, évoquent la lithologie des gneiss de Champs décrits par Suire (1979). « Ce faciès est caractérisé par des alternances (de l'échelle de l'affleurement à celle de l'échantillon) de niveaux gneissiques et leptyniques passant de l'un à l'autre de manière brusque ou progressive »... « les gneiss ont un grain plus ou moins gros ou fin, la biotite est abondante et souligne la foliation bien marquée. La sillimanite n'est pas toujours visible à l'œil nu... ».

Les gneiss à 2 micas pauvres en sillimanite de la feuille de Mauriac, montrent, en lame mince : quartz, biotite brune à brun-rouge, muscovite (secondaire), sillimanite résiduelle (peu), FK, oligoclase (An 25-An 20), grenat (parfois), quelques traces de myrmékite.

La déformation est irrégulière, parfois seulement marquée par quelques traînées à muscovite et quelques quartz faiblement étirés ; parfois elle s'accompagne d'une association S-C avec étirement des quartz à contours fortement engrenés.

Les faciès alternés sont limités au Nord par une bande de roches plus franchement leptyniques (Eλ), suivant approximativement une ligne passant par la gare de Saignes, le carrefour de la D27 et de la D1315 et Combe-Chabre. Ce matériel, souvent à grain fin, de teinte grise sur les affleurements, montre peu de muscovite sur l'échantillon. En lame mince, où la structure apparaît comme étant granoblastique ou granolepidoblastique, on distingue : quartz, plagioclase, FK (peu), biotite brun-rouge, muscovite (peu ou pas), grenat chloritisé.

La déformation est irrégulière, le plus souvent sous forme de couloirs où le quartz est émietté, parfois étiré et à contours engrenés.

ζ₁. **Gneiss à biotite-sillimanite.** Ils constituent la majeure partie des formations situées à l'Ouest du Sillon Houiller jusqu'à la latitude d'Arches. Dans la partie sud-est, la présence de faciès leptyniques apparaît nettement à l'Ouest de Mauriac, près d'Escoalier, vers le hameau de la Vergne ainsi que dans la vallée de la Dordogne en aval du barrage de l'Aigle où la morphologie souligne l'alternance de niveaux quartzofeldspathiques et de niveaux riches en phyllites. D'autres masses leptyniques apparaissent plus au Nord dans la vallée du Labiou et dans la vallée de la Dordogne, entre le Vent-Bas et le pont des Ajustants d'une part et entre le pont de Saint-Projet et la Thébaïde d'autre part. Ailleurs, les faciès phylliteux dominent largement. La forte quantité de phyllites conduit à une altération importante et à l'absence de reliefs vigoureux. Le faciès-type en a été défini à Vassejoux, près de Lapleau, par Roques (1941). La foliation est généralement bien exprimée, mais des bouffées anatectiques peuvent venir perturber sa régularité.

ζ_λ. **Gneiss leptyniques.** Le débit se fait en larges plaques. La roche est à grain généralement fin, avec une teinte gris clair à gris foncé. Cependant, au-delà de ces traits communs à tous les affleurements, on peut distinguer trois types principaux de faciès leptyniques.

- Le plus abondant est celui représenté dans la partie sud des gneiss. Il est bien visible soit à quelques mètres en aval du pont emprunté par la route EDF menant à l'usine du barrage de l'Aigle (vallée de la Dordogne), soit le long de la route Mauriac—Tulle, dans une petite carrière proche de la Vergne. La roche est à grain relativement fin, à foliation régulière. Les plans de foliation sont constellés d'amas ovoïdes de sillimanite pouvant atteindre 1 à 2 cm. Il n'apparaît pratiquement pas de plissements visibles et le pendage des plans de foliation peut être très faible.

En lame mince on distingue : quartz, oligoclase (An 15-An 25), microcline, biotite, sillimanite, apatite, traces de muscovite (d'autant plus abondante qu'on se rapproche des gneiss à deux micas), zircon. La structure est grano-lépidoblastique iso- ou sub-isogranulaire. Le quartz a une extinction roulante avec des formes généralement arrondies. Les plagioclases présentent également une extinction roulante : le microcline, irrégulièrement moiré, montre le plus souvent des perthites en film ; localement, au contact de l'oligoclase, il peut y avoir développement de myrmékite. La sillimanite (fibrolite) constitue des amas tourbillonnaires à aiguilles divergentes ; parfois apparaît un peu de muscovite. Une analyse modale effectuée sur des échantillons pris près de la Grafouillère (vallée de la Dordogne) donne les quantités suivantes : quartz 47,4 ; plagioclase 12,1 ; FK 13,0 ; biotite 18,8 ; muscovite 3,4 ; sillimanite 5,3.

Des échantillons provenant de la carrière de la Vergne montrent les mêmes minéraux, mais le quartz y est plus abondant. Ce minéral est fortement déformé et le feldspath potassique n'est pas moiré : quartz 54,8 ; oligoclase 11,9 ; FK 10,9 ; biotite 12,8 ; muscovite 4,7 ; sillimanite 4,9.

Si les faciès leptyniques sont relativement fréquents, on n'aboutit qu'exceptionnellement à une roche proche d'un métaquartzite. Le meilleur représentant de ce type de formation se trouve en bordure de la route Lapleau—Saint-Pantaléon, à proximité du pont sur la Luzège. Il constitue

une petite lentille de 5 à 6 m de puissance, gris terne, sans foliation nette, à grain fin et à cassure esquilleuse. Une analyse modale montre la très forte proportion de quartz : quartz 70 ; oligoclase-andésine 22 ; biotite 6,3 ; muscovite 1,2 ; apatite 0,5.

- Le deuxième type de faciès leptynique est visible le long de la route Neuviac—Mauriac, entre le pont des Ajustants et le pont de Saint-Projet. La roche, relativement massive, paraît être déformée dans sa totalité avec, dans les passées les plus riches en phyllites, un peu de sillimanite et de cordiérite en amas allongés. En lame mince, on distingue : plagioclase, FK (perthite en films), quartz, biotite partiellement chloritisée, sillimanite partiellement rétomorphosée, muscovite secondaire, cordiérite pinitisée.
- Quant au troisième type, qui affleure particulièrement bien le long de la même route, aux environs de la Thébaïde, il correspond à une roche à foliation sub-horizontale, fortement laminée, partiellement silicifiée, marquée par la présence de sulfures et de matière organique dispersée. Des charnières dissymétriques, restes de plis intrafoliaux, parsèment les affleurements. En lame mince, déformation et silicification apparaissent nettement ; à côté de la biotite, il existe hornblende verte et sphère.

ÇM. Gneiss à biotite, sillimanite, cordiérite et feldspaths potassiques. Ils forment la masse principale des gneiss profonds et ils correspondent à des roches très hétérogènes quant aux proportions des différents minéraux constitutifs.

La roche a le plus souvent un aspect micaschisteux où la sillimanite forme des amas importants. Si la foliation est toujours bien exprimée, son aspect peut être fortement perturbé par de nombreux microplis post-métamorphes, particulièrement développés entre Lapeau et Soursac. En lame mince, on rencontre les minéraux suivants : quartz, FK, oligoclase, biotite, muscovite (peu), sillimanite, (cordiérite), apatite, (grenat).

Analyse modale : quartz 14,3 ; FK 12,7 ; oligoclase 11,7 ; biotite 41,0 ; muscovite 6,3 ; sillimanite 14,0.

Les faciès phylliteux sont particulièrement développés au Nord d'une ligne Lapeau—Soursac—Saint-Pantaléon. Localement, par exemple vers l'ancienne gare de Saint-Pantaléon, le caractère phylliteux s'hypertrophie pour aboutir à des roches constituées quasi exclusivement de biotite et de sillimanite, les cristaux de biotite pouvant atteindre plus d'un centimètre. La présence de cordiérite dans les gneiss à biotite-sillimanite-FK paraît correspondre à deux zones différentes. Dans le Sud, en dehors de tout phénomène d'anaxie, de petits grains millimétriques de cordiérite apparaissent en noir mat sur les échantillons (pinite en lame mince). Ces cristaux, qui paraissent un peu postérieurs à la sillimanite, seraient liés à une augmentation locale de température. Dans la zone nord, les phénomènes de fusion partielle qui affectent les gneiss semblent correspondre à l'apparition de petits nodules de cordiérite particulièrement visibles dans les mobilisats.

Ms. Migmatites à sillimanite-cordiérite. Le deuxième faciès, surtout représenté à proximité des gneiss à biotite-sillimanite et des métatexites, corres-

pond à des roches à foliation beaucoup plus nette. Les nodules de cordiérite y sont fortement aplatis et étirés. De la muscovite se développe parfois en abondance. En lame mince, le quartz est xénomorphe, à structure engrenée et extinction roulante. L'oligoclase est parfois cassé. Les minéraux présents sont : quartz, oligoclase (An 12), microline ($2V = -80$), biotite, cordiérite, muscovite, sillimanite, zircon.

Mc. Migmatites à nodules de cordiérite. Cette formation affleure essentiellement au centre-nord de la feuille. Il s'agit de roches souvent altérées et

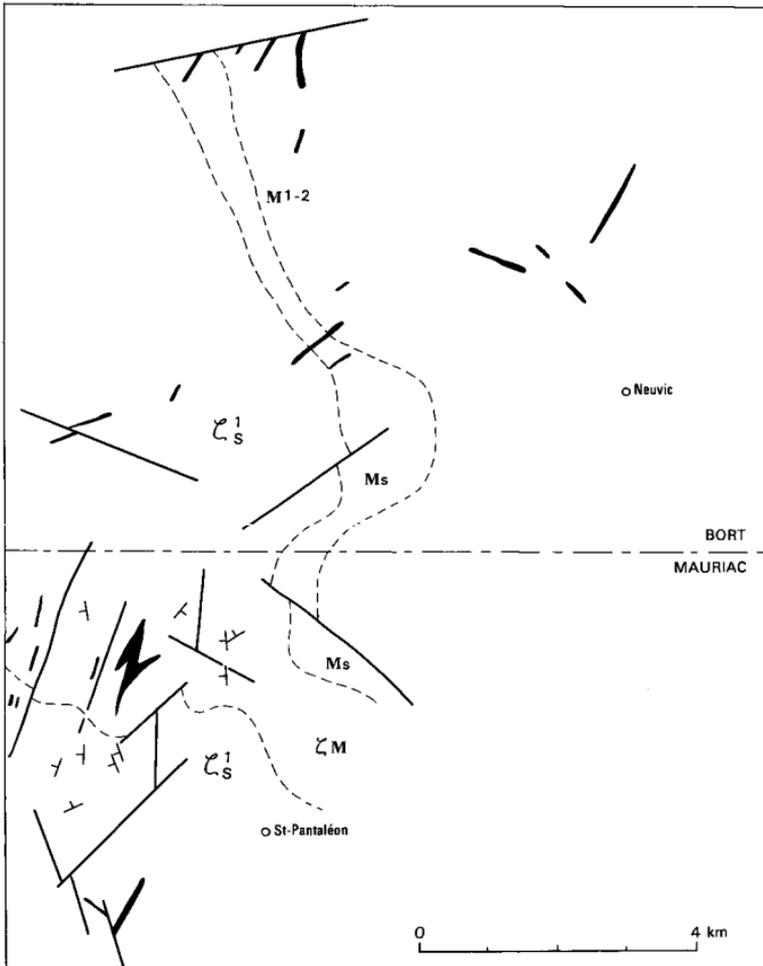


Fig. 1 - Localisation des migmatites leucocrates
de la moyenne Dordogne

teintées en rouge où se détachent des nodules de cordiérite verdâtres. Deux faciès principaux sont présents : un faciès granitoïde, peu orienté, particulièrement bien représenté dans la région de Neuvic-d'Ussel et de Sérandon (feuille Bort-les-Orgues à 1/50 000). La biotite, abondante, est parfois liée étroitement aux nodules du cordiérite mais elle peut également dessiner une foliation. Dans les zones de plateaux où l'altération est très importante, donnant des sols rouges caractéristiques, Dejou (1960) a montré la présence d'illite et de goéthite.

Une analyse modale, faite sur des échantillons situés à 1 km en aval du barrage de Neuvic dans la vallée de la Triouzoune, donne les valeurs suivantes : quartz 33,5 ; FK 12,1 ; oligoclase 12,9 ; biotite 15,1 ; muscovite 13,2 ; sillimanite 5,2 ; cordiérite 6,6 ; divers 1,4.

Pour les analyses chimiques (analyses 24 à 26), voir annexe 1.

M¹⁻². **Migmatites leucocrates.** Elles sont surtout représentées sur la feuille Bort-les-Orgues (fig. 1), mais elles apparaissent également dans l'extrême Nord-Ouest de la carte Mauriac.

Anatexites leptyniques (Pribile, 1959), ces roches sont de teinte très claire, plus ou moins jaune rosé à jaune pâle suivant le degré d'altération. Elles sont généralement pauvres en micas, contiennent souvent de la sillimanite fibreuse et sont dépourvues de cordiérite. Le grain est fin, les lentilles sont de faible taille, les plus grandes ne dépassant pas 200 à 300 m de largeur pour une longueur maximale de 1 km 5. La foliation est plus ou moins bien marquée par des alignements irréguliers de biotite et de sillimanite. La muscovite, bien que peu abondante, est toujours présente. Dans le détail, les faciès sont très hétérogènes, même au sein d'une seule lentille, avec développement plus ou moins grand de la fusion partielle et conservation irrégulière de petits panneaux de gneiss. L'étude microscopique des différentes lentilles met bien en évidence cette hétérogénéité.

Feuille Bort-les-Orgues

Nord de Palisse	Puy Chessier	Carrière du Vianon	La Forêt
quartz	quartz 36,4	quartz 42,4	quartz 40,7
oligoclase (An 12)	oligoclase (An 10-15) 22,6	oligoclase (An 12) 15,1	oligoclase 24,3
FK (2v = -74)	FK (2v = -62) 32,4	FK (2v = -77) 25,5	FK (2v = -66) 26,7
biotite	biotite 5,8	biotite 2,3 chlorite 9,4	biotite 4,6
muscovite	muscovite 2,8	muscovite 5,3	muscovite 3,7
grenat (traces)	-	-	grenat (traces)

La structure est parfois à cloisons de micas avec du quartz plus ou moins engrené : le feldspath potassique est moiré. Lorsque le grenat existe, sa répartition est irrégulière. Il peut être localement envahi par la chlorite.

D'une manière générale, il y a toujours une plus grande quantité de feldspath potassique que de plagioclase ; le caractère assez sodique de ce dernier (limite albite-oligoclase), ainsi que la grande quantité de quartz en font des roches acides. Les analyses chimiques disponibles (annexe 1, analyses 15 à 22) montrent une origine magmatique (fig. 2). Si les minéraux présents varient fortement quantitativement, ils sont constants quant à leur nature ; la paragenèse étant : quartz + oligoclase + FK + muscovite + sillimanite + grenat.

Les phénomènes de fusion partielle, fréquents, perturbent les alignements de micas.

δ^{11} ; δ . **Amphibolites et skarnoïdes.** La masse la plus importante d'amphibolites se situe dans la partie cantalienne de la série de la moyenne Dordogne. Les meilleurs affleurements se trouvent le long de la RN 682, de part et d'autre de l'embranchement de la route de Sourmiac. Cet ensemble basique se suit sur près d'un kilomètre. Il s'agit d'une roche vert sombre extrêmement massive, traversée çà et là par des filons constitués essentiellement de feldspath. La puissance de la formation est difficile à estimer. Si l'on se réfère à l'encaissant formé de gneiss à biotite-sillimanite, la puissance pour-

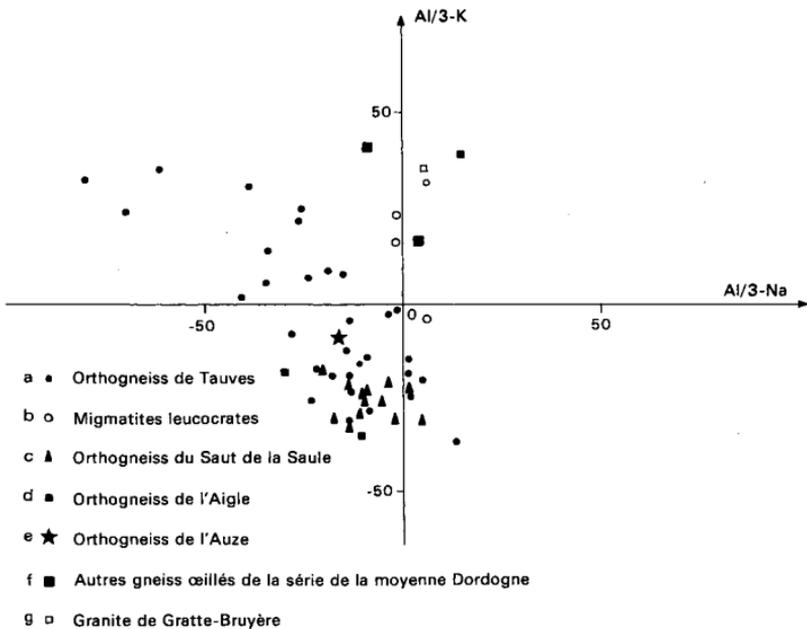


Fig. 2

rait être d'au moins une centaine de mètres. Le pendage est faible, parfois horizontal ; le plancher de la masse d'amphibolite paraît se trouver au Sud de l'embranchement de Sourniac. Elle reposerait alors sur un ensemble de gneiss et de cipolins. Au contact amphibolite—cipolin se développe un mince niveau verdâtre constitué de grossulaire et de diopside de teinte blanc grisâtre dont les paramètres de maille sont : a : 9,761 Å ; b : 8,926 Å ; c : 5,258 Å (Barreau 1965).

Dans Pamphibolite se développent de grosses taches vert clair, plus ou moins arrondies, correspondant à des pyroxènes ouralitisés.

La masse d'amphibolite présente de nombreuses variations d'aspect. A côté du faciès massif très sombre, certaines zones plus claires paraissent constituer des accumulations d'anciennes projections, contenant çà et là des fragments de gneiss. L'ensemble du corps amphibolique pourrait alors résulter d'une alternance de coulées et de projections.

En lame mince, le faciès massif montre : hornblende verte, andésine (An 40), sphène, apatite, pyrite ou pyrrotine, biotite (peu). La structure est à tendance doléritique, avec de grandes baguettes de hornblende parfois pœcilitique. Dans les parties plus claires, à foliation mieux marquée, apparaissent : quartz, calcite, plagioclase (An 47), hornblende verte ($2V = -84^\circ$ ngAc = 12°), apatite, biotite, sphène, grenat (peu), FK (peu). Le sphène est très abondant et comporte presque toujours un noyau de sulfure.

Des analyses modales effectuées sur les deux principaux faciès donnent les résultats suivants :

	<i>Faciès massif</i>	<i>Faciès orienté</i>
hornblende verte	68,2	27,7
plagioclase	17,9	15,3
sphène	9,1	10,0
biotite	0,5	29,2
quartz	—	17,8
apatite	4,3	traces

En allant en bordure nord de la lentille, on rencontre des panneaux métriques ou décamétriques de roches rubanées comportant des alternances de bancs très riches en biotite, généralement décomposés par l'altération météorique, et de bancs durs, blanc jaunâtre. Sur une cassure fraîche on s'aperçoit que ces niveaux sont très hétérogènes, avec deux faciès très différents ; l'un, massif, sans plan de foliation visible, est de teinte claire ; l'autre, nettement folié, est plus sombre et riche en biotite. Les minéraux présents dans chacun de ces faciès sont :

<i>Faciès massif</i>	<i>Faciès orienté</i>
grossulaire	biotite
FK ($2V = -70$)	andésine (An 40-50)
sphène	minéraux opaques
minéraux opaques	grossulaire (peu)
calcite	FK
diopside	
forstérite (traces)	

La paragenèse orientée semble postérieure.

Ces roches correspondraient à des « skarnoïdes » modifiés par une phase de métamorphisme barrovien.

Au-delà de la lentille d'amphibolite, on rencontre également ces roches qui, progressivement, se fondent dans un ensemble très altéré, teinté en rouille par l'altération de nombreux sulfures. L'origine de ces skarnoïdes pourrait être une alternance d'argiles et de marnes.

D'autres niveaux d'amphibolites, de plus petite taille, apparaissent au sein des gneiss à biotite et sillimanite. Des blocs épars, comportant amphibolite et skarnoïde, pointent au Sud de Soursac (à proximité du Roc-Blanc). Les paragenèses observées sont tout à fait semblables à celles de la lentille du Labiou.

Enfin, quelques minces niveaux d'amphibolite fortement orientée, sans accompagnement de skarnoïdes, apparaissent en concordance avec la foliation des gneiss encaissants. La plus importante lentille est, semble-t-il, celle de Laval.

Σ^y^bA. Orthogneiss à biotite de l'Aigle. Ils constituent actuellement deux lentilles voisines, mais il s'agit en fait d'une seule unité morcelée tectoniquement. De bonnes coupes sont fournies par la vallée de la Dordogne, entre Chalvignac et le barrage de l'Aigle, ainsi que par la vallée de la Luzège, à la hauteur du Peuch. L'extension E-W de l'ensemble des deux lentilles est d'environ 8 km pour une puissance maximum de 1,5 km. D'une façon générale, la teinte est assez claire et le grain grossier ; cependant, celui-ci montre de nombreuses variations qui font passer d'un faciès franchement œillé, dont les yeux dépassent largement le centimètre, à des faciès lités très régulièrement, où le grain moyen est millimétrique (faciès embréchite). Les affleurements de la route Chalvignac—le Breuil montrent de façon exemplaire ces variations. La texture de la roche est affectée par de nombreux cisaillements chauds provoquant des ruptures des plans de foliation. Localement, des bouffées de fusion anatectique peuvent montrer un développement important, conduisant à l'apparition de diatexites dans lesquelles le grenat et la cordiérite peuvent être visibles.

Sporadiquement, au contact des gneiss, apparaît une bande de quelques dizaines de cm de puissance, constituée presque exclusivement de biotite et de feldspath potassique de teinte rose, pouvant dépasser 2 cm de long.

En lame mince, les orthogneiss de l'Aigle montrent : quartz, FK perthitique, oligoclase-andésine, biotite, myrmékite, minéraux opaques, apatite, (grenat). Il y a prédominance du plagioclase sur le feldspath potassique. Les cristaux de plagioclase présentent des cassures et des torsions des plans de macles, alors que la déformation apparente du FK est beaucoup plus faible.

La lentille de l'Aigle présente également de minces niveaux ou boudins d'amphibolites ou de gneiss amphibolique, dont la puissance est généralement inférieure à 0,5 m. Il s'agit de roches sombres à grain fin, pour lesquels

les lames minces montrent : quartz, biotite, hornblende verte, (muscovite), plagioclase (An 40), calcite, apatite, sphène. Ces minéraux apparaissent fréquemment au milieu d'un fond fortement sériciteux. La biotite entoure localement la hornblende verte qui elle-même peut être pœcilitique. La muscovite présente paraît être une muscovite secondaire, dont l'existence doit être rattachée à la proximité de la zone de chevauchement.

La lentille de la vallée de la Luzège présente des caractères proches de celle de l'Aigle mais, d'une façon générale, la déformation est plus intense, avec apparition de faciès finement rubanés en bordure de la lentille.

Deux autres petites lentilles affleurent sur la feuille Mauriac. La première, située à l'extrême Ouest, se prolonge sur la feuille La Roche-Canihac. Elle constitue la lentille d'Aix. Une petite carrière ouverte dans cette formation montre que le faciès œillé n'est représenté que par le cœur de la lentille alors que les zones externes sont rubanées. Le passage avec le gneiss encaissant est rapide, bien que se faisant par une zone où apparaissent des yeux feldspathiques dans les gneiss. En lame mince, l'orthogneiss est composé de : quartz, FK, plagioclase (An 30-40), biotite, grenat, myrmékite, apatite. Le feldspath potassique se présente sous deux formes : les yeux sont formés de FK perthitique peu ou pas moiré alors que dans la trame apparaît du microcline fortement moiré. La myrmékite est abondante et les plagioclases sont très riches en gouttelettes de quartz.

La deuxième lentille apparaît dans la vallée de la Dordogne, le long de la route Neuvic—Mauriac. Les affleurements les plus au Nord apparaissent à la hauteur du pont des Ajustants ; il s'agit d'un gneiss finement rubané où le faciès œillé est exceptionnel. L'affleurement le plus au Sud montre une roche de teinte claire, essentiellement rubanée mais les yeux de feldspath ne sont pas rares, bien que la foliation soit régulière. En lame mince on distingue : quartz, oligoclase, FK, biotite, (muscovite), (cordiérite), (sillimanite). La structure est sub- engrenée et il y a parfois formation d'antiperthite en nuage.

Des analyses chimiques (annexe 1, analyses 10 à 13) sur les roches des lentilles de l'Aigle, de Saint-Projet et d'Aix montrent une forte teneur en $\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}$, et les points représentatifs sur le diagramme $R_1 - R_2$ de H. de la Roche se placent dans le champ des granodiorites (fig.3). Pour comparaison, est portée également la moyenne des orthogneiss de Saint-Alyre (socle oriental du Cézallier, feuille à 1/50 000 Massiac) (analyse 14).

ζγA. Orthogneiss leucocrate à biotite ± muscovite de la vallée de l'Auze. Il s'agit d'une roche leucocrate de teinte rose jaunâtre pâle. La foliation est grossière et la roche paraît homogène, avec localement un développement de faciès œillés. Cet orthogneiss affleure particulièrement bien dans la vallée de l'Auze où il provoque un resserrement de la vallée, celle-ci pouvant avoir, au niveau de la rivière, une largeur inférieure à 50 m. L'orientation générale du massif est grossièrement E-W ; celui-ci disparaît sous les coulées du Cantal au niveau de Cruzit-Haut.

En lame mince (échantillons provenant de la vallée de l'Auze) on observe : quartz, oligoclase (An 25-30), FK, biotite, muscovite. Tous les

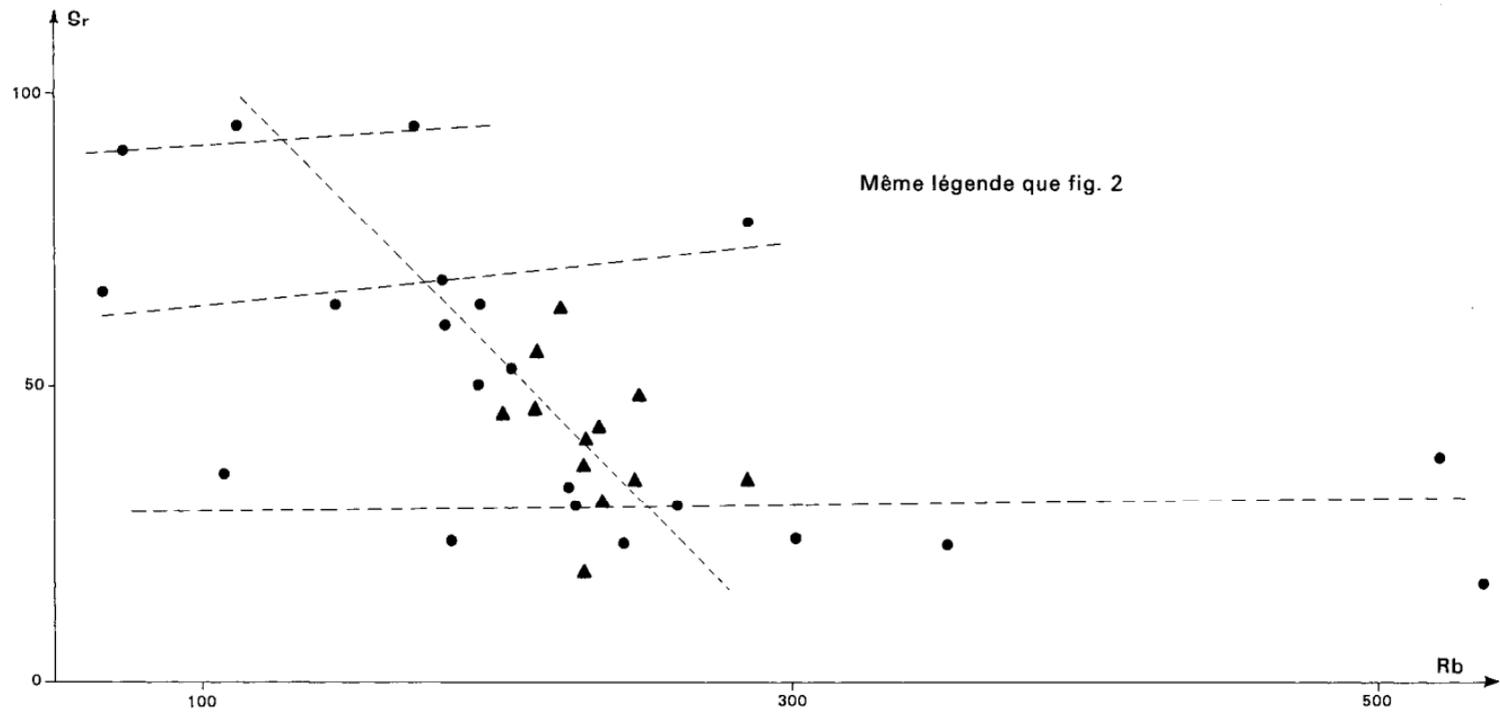


Fig. 3

minéraux non phylliteux sont xénomorphes et montrent une déformation nette. La muscovite paraît en partie secondaire et sa répartition semble hétérogène. Si ce minéral est bien représenté au fond de la vallée, les affleurements de la bordure nord de la lentille (région de Crouzit-Bas) montrent une large dominance de la biotite sur la muscovite. Les surfaces de foliation, si elles sont bien marquées, apparaissent comme fortement gondolées et provoquent un débit en amandes. Une analyse modale, effectuée sur ce faciès, donne les résultats suivants : quartz 40,8 ; oligoclase 21,6 ; FK 27,2 ; biotite 7,1 ; muscovite 2,5 ; divers (grenat, apatite, sillimanite, zircon) 0,8.

L'analyse chimique, calculée à partir de l'analyse modale (annexe 1, analyse 9), montre qu'il s'agit d'un métaeucogranite dont la composition est assez comparable à celle de l'orthogneiss de Tauves. Cette analogie est bien mise en évidence sur les diagrammes R_1 — R_2 (fig. 4).

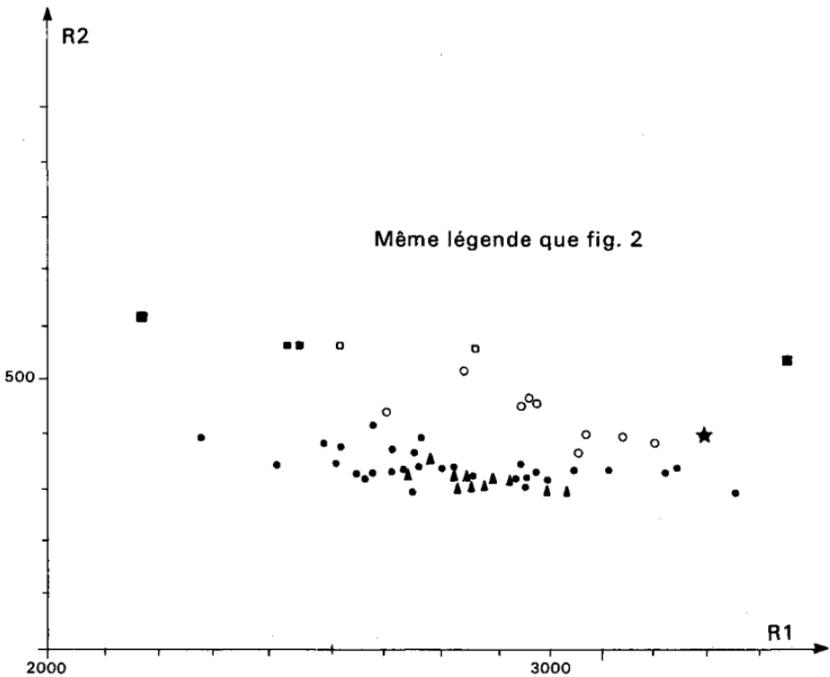


Fig. 4

ζy^s . **Orthogneiss du Saut de la Saule.** Essentiellement représenté sur la feuille La Tour-d'Auvergne où il a fait l'objet d'une étude détaillée par Suire (1979), il déborde sur l'extrême nord-est de la feuille Mauriac, dans la région de la gare de Saignes où il est largement recouvert par des formations glaciaires. Il s'agit d'une roche de teinte gris clair, non œillée dans la majorité des cas, à grain moyen, très homogène, avec une linéation bien marquée.

Sous le microscope, on distingue : quartz, feldspath potassique, plagioclase, biotite, muscovite chlorite sillimanite, apatite, zircon, myrmékite. Le quartz se présente toujours avec une extinction roulante : il peut être aplati, étiré, engrené. Le feldspath potassique apparaît moiré et les perthites en film sont irrégulièrement développées ; les cristaux sont parfois brisés et recimentés par du feldspath potassique non moiré et non déformé. Le plagioclase est parfois faiblement zoné. En général, les cristaux présentent la macle de l'albite avec extinction roulante. Quelques cristaux non maclés (albite) moulent les autres plages. La biotite, déformée, plus ou moins chloritisée, est parfois en petits cristaux automorphes. La muscovite, sauf exception, paraît tardive et indépendante de la foliation, elle est réactionnelle.

Sur le plan géochimique de nombreuses analyses ont été effectuées (*cf.* annexe *in* Suire, 1979). Elles montrent d'une part qu'il s'agit bien d'une ancienne roche orthodérivée, et d'autre part qu'il s'agit d'un ancien granite. La composition va des granites aux adamellites. Enfin, le diagramme Rb-Sr (fig. 3) ne montre pas de façon nette (faible étalement des valeurs du Rb) le caractère leucogranitique ou granodioritique de la roche. La géochronologie donne un âge de 418 ± 6 Ma ($Sr_i = 0,7166$ 0,0008 ; $\lambda = 1,42 \times 10^{-11}$ an⁻¹). Cet âge a été interprété comme étant celui d'une mise en place syntectonique. Cet âge est comparable, bien qu'un peu plus jeune, à celui obtenu sur le métagranite de Tauves : 415 ± 5 Ma avec $\lambda = 1,47 \times 10^{-11}$ an⁻¹ ($Sr_i = 0,7098$ 0,0006), dont la mise en place est également syntectonique.

$\zeta\gamma^T$. **Orthogneiss des Tauves à muscovite-biotite.** Depuis la feuille à 1/50000 Bourg-Lastic où se trouve la masse principale, ces orthogneiss constituent une bande plus ou moins large plaquée le long des formations du Sillon Houiller. On peut suivre cette bande sans interruption jusqu'à la hauteur de Jaleyrac où des failles la font disparaître. Ce type de roches réapparaît à la limite sud de la feuille Mauriac, vers l'usine hydroélectrique de la Trizague. La roche, de teinte rose pâle ou blanche, peut être nettement cœllée avec présence de muscovite et de biotite. Les caractéristiques sont sensiblement constantes dans tout le massif avec quartz, feldspath potassique, oligoclase, albite, muscovite, biotite.

En lame mince, le feldspath potassique se présente sous deux habitus : —d'une part, de grands cristaux perthitiques, en général non moirés, englobent divers minéraux. Ces cristaux présentent une extinction roulante et localement des fissures ouvertes ; —d'autre part, de petits cristaux limpides, moirés, se développent dans la mésostase ainsi que dans les fissures des grands cristaux.

Les plagioclases sont déformés et à plans de macles courbes. Les biotites sont tordues, alors que la muscovite peut être en partie non déformée.

On peut mettre ainsi en évidence deux phases de cristallisation séparées par un épisode de déformation, celui-ci se prolongeant au cours de la 2^e phase de cristallisation :

— *cristallisation magmatique*: quartz, plagioclase, FK en grands cristaux, biotite, muscovite ;

— *crystallisation métamorphique* : albite, FK moiré en petits cristaux, muscovite.

Le caractère orthogneissique de la lame de Tauves a été reconnu en 1976, une datation a été obtenue cette même année avec un âge de $415 \text{ Ma} \pm 5 \text{ Ma}$ ($\lambda = 1,47 \times 10^{-11} \text{ an}^{-1}$). L'âge a été considéré comme étant celui de mise en place du granite initial. Celui-ci développe un métamorphisme de contact sur son encaissant, phénomène particulièrement net sur la feuille Bourg-Lastic. Il se traduit par l'apparition de cristaux d'oligoclase (micaschistes oligoclasiques de Ravier, 1949) qui, localement, fossilisent une foliation antérieure à la mise en place du magma.

Sur le plan chimique, les analyses effectuées se situent toutes sur les feuilles Bourg-Lastic, Bort, et La Tour-d'Auvergne. Les différents diagrammes montrent qu'il s'agit bien là d'une roche orthodérivée, et compte tenu de l'aspect à l'affleurement, d'un ancien granite porphyroïde (fig. 4). Le diagramme H. de la Roche $R_2(f) R_1$ correspond à une roche située dans le champ des granites. Enfin $Sr(f)Rb$ (fig. 3) indique qu'il s'agit vraisemblablement d'un ancien leucogranite, mais avec de nombreuses ambiguïtés.

A noter, sur beaucoup d'affleurements, la présence d'une forte linéation souvent sub-horizontale et orientée grossièrement E-W.

λδ. Groupe leptyno-amphibolique. Cette formation, composée de matériaux leptyniques blancs ou roses et d'amphibolites, n'apparaît que dans la vallée du Mars en aval de Pons, le long de la D12, jusqu'au passage du viaduc de chemin de fer, ainsi que dans la vallée du Marilhou.

L'ensemble dessine un couloir d'orientation générale NE-SW, avec cependant un changement assez net entre les deux vallées. Dans celle du Marilhou, la direction générale est environ de 50° avec un pendage NW de 40° à 50° , alors que dans la vallée du Mars, les pendages sont subverticaux à verticaux pour une direction de 30° à 40° . Les leptynites roses sont en général sans amphibolite, alors que les leptynites blanches présentent de nombreux niveaux et boudins d'amphibolites dont la puissance va de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres.

Leptynite rose. En lame mince, on distingue : FK (moiré), quartz, plagioclase (An 25), biotite verte. Le feldspath potassique est représenté par de grands cristaux, plus ou moins moirés, parfois fragmentés, avec des fissures courbes remplies de feldspath potassique moiré. Le quartz apparaît soit en lanières, soit sous forme de cristaux à contours rectilignes présentant des associations en point triple ; ces figures sont l'indication de fortes déformations accompagnées de recristallisation. La biotite, vert foncé, parsème irrégulièrement la roche.

Leptynite blanche. Au « contact » sud, apparaît une roche claire plus ou moins granulée. Le microscope montre une forte déformation par bandes. Le feldspath potassique, abondant, subit une microclinisation irrégulière ; il existe de nombreux petits cristaux de quartz et de feldspath potassique de

recristallisation. Le plagioclase est un oligoclase acide et la biotite est brun-vert foncé. En s'éloignant du groupe, on rencontre un matériel d'aspect plus gneissique, parfois faiblement anatectique et en tout cas fortement granulé. Ce matériel passe ensuite progressivement aux gneiss à biotite-sillimanite rétomorphosés.

Le contact entre groupe leptyno-amphibolique et encaissant n'est pas visible, mais de nombreux indices laissent envisager pour le contact sud-est un passage « anormal », alors que partout ailleurs la limite doit se faire par des failles.

γ^2 m. **Granites «type Lappleau»**. Il existe dans la région de Lappleau de nombreux petits stocks et filons de granite très leucocrate à muscovite, de teinte rose jaunâtre, à grain fin. A l'affleurement, ces roches sont parsemées de taches noires millimétriques. La structure est équante. Quel que soit le mode de gisement, les caractères structuraux et pétrographiques restent constants. La masse principale se situe sur la route Lappleau—Saint-Pantaléon où elle est entamée par d'anciennes carrières permettant de voir les rapports granite-encaissant. Le contact, franc, peut être concordant ou discordant. Le granite contient parfois des panneaux de gneiss plissés ; ces enclaves ont des contours irréguliers et ont subi des déplacements, par contre il n'y a pas de métamorphisme de contact net.

En lame mince apparaissent : quartz, plagioclase (An 7), FK perthitique (2V = — 62 à — 67), biotite, muscovite, tourmaline. Les cristaux de quartz sont xénomorphes, à extinction roulante. Le plagioclase est maclé et souvent séricitisé. Ce minéral montre deux phases de cristallisation ; certains cristaux en contenant d'autres dont les macles ont une orientation différente. Le plagioclase englobe généralement quartz et micas, de plus les cristaux sont souvent brisés avec ou non déplacement des fragments. Le feldspath potassique, non moiré, a des contours amiboïdes s'insinuant entre les autres cristaux. Enfin, la muscovite est souvent déchiquetée et flexueuse.

Une analyse modale faite sur cette masse donne les proportions suivantes : quartz 37,3 ; FK 25,5 ; plagioclase 26,7 ; muscovite 7,2 ; tourmaline 2,2 ; biotite 1,1.

L'analyse chimique calculée à partir de ces valeurs (sans la tourmaline) donne : SiO₂ 72,10 ; Al₂O₃ 13,70 ; Fe total 0,26 ; MgO 0,14 ; CaO 0,35 ; Na₂O 4,35 ; K₂O 4,00.

γ^2 m. **Granite des Roches**. Situé au NNW de Lappleau, il constitue une petite unité orientée grossièrement E-W longue d'environ 500 m pour une largeur de 200 m. Le principal affleurement est constitué par des rochers arrondis émergeant dans un thalweg E-W. Il s'agit d'un granite à grain moyen, à structure équante, de teinte gris clair. On distingue à l'œil du quartz, de la biotite et des feldspaths automorphes. Irrégulièrement réparties apparaissent de petites taches noir verdâtre mat.

Sous le microscope on distingue: quartz, FK (2V = — 69), oligoclase (An 17), biotite, muscovite, cordiérite altérée, myrmékite, traces de sillima-

nite et d'apatite. Le quartz, en plages de taille irrégulière, est xénomorphe ; il présente une structure engrenée et une extinction roulante. Les micas sont en cristaux mal formés, souvent effilochés et flexueux ; leur répartition est hétérogène et, lorsqu'ils sont en amas, il y a peu de sillimanite associée. L'oligoclase est parfois zone et certains cristaux présentent un cœur et une écorce maclés de façon différente. Le feldspath potassique est rarement moiré et il contient les autres minéraux en inclusion.

Une analyse modale donne les valeurs suivantes : quartz 34,1 ; FK 25,1 ; plagioclase 26,2 ; muscovite 4,2 ; biotite 7,1 ; cordiérite 0,9 ; myrmékite 1,8 ; apatite, sillimanite 0,6.

γ^2 m. **Granites tardimigmatitiques.** Dans toute la zone des gneiss et des étatexites à sillimanite et cordiérite, apparaissent de nombreuses venues granitiques très leucocrates, à grain fin et présentant ou non une orientation des phyllites. Le contact avec les roches encaissantes est net.

Ces granités sont généralement en filons ou stocks de petite taille, dont la mise en place a pour seul effet de perturber localement la foliation de l'encaissant. Si les contours sont nets, ils ont parfois un aspect très complexe, la masse principale pouvant émettre de nombreux petits filons. Un bon exemple de ce phénomène est donné par la coupe de la Triouzoune, à 150 m en aval du pont des Ajustants (rive gauche), sur la D168 E. Le granite à grain fin, très leucocrate, montre çà et là quelques paillettes de micas ainsi que de rares nodules de cordiérite.

En lame mince on observe : quartz, FK (2V = — 64), oligoclase (An 12), biotite chloritisée, muscovite, sillimanite, cordiérite (traces), myrmékite. Les cristaux de quartz ont une structure engrenée avec une forte extinction roulante. L'oligoclase, maclé ou non, est séricitisé ; les macles sont généralement celle de Palbite mais aussi parfois celle de Carlsbad ; cette dernière se trouve également dans le feldspath potassique qui est perthitique et rarement moiré. Les cristaux d'oligoclase sont souvent brisés et les plans de maclé sont courbes. La muscovite est en cristaux très déchiquetés. Enfin, la biotite est presque entièrement chloritisée et souvent en inclusion dans l'oligoclase.

Un autre bon affleurement de ces granites est fourni par la carrière située en bordure de la D168 E, à environ 1800 m au Sud du belvédère de Gratte-Bruyère. La roche, de teinte gris clair, est à grain fin ; elle est parsemée de petites taches roses correspondant à des feldspaths. A l'affleurement, le granite se présente sous forme d'un filon subvertical d'une vingtaine de mètres de puissance. En lame mince, on y retrouve les mêmes constituants que dans l'affleurement précédent. La tendance à l'automorphisme des feldspaths est très nette.

Les analyses modales effectuées sur ces deux affleurements montrent des valeurs relativement proches pour l'ensemble Q-FK-plagioclase.

	Pont des Ajustants	Sud Gratte-Bruyère	Moyenne
Q	30,5	32,2	31,35
FK	25,1	27,2	26,15
Plag.	36,6	30,7	33,65
Musc.	2,3	6,7	4,5
Biot.	4,7	2,1	3,4
Divers	0,8	1,1	

Une moyenne faite sur un certain nombre d'autres affleurements donne des valeurs très proches.

γ^{GB} . **Granite de Gratte-Bruyère.** Ce granite, localisé à proximité de la vallée de la Dordogne, constitue un ensemble de petits massifs dont le principal est celui du château de Charlanes. Il affleure bien le long de la D 168 E, entre le Moulinot au Nord et le belvédère de Gratte-Bruyère au Sud. D'autres petits massifs affleurent dans la même région (la Jarrige, Donniol, Besse). L'aspect est très constant quel que soit l'affleurement, et l'allure des contacts entre granité et métamorphites (gneiss ou migmatites à cordiérite) conduit à penser qu'il s'agit d'un massif unique à caractère laccolitique sensiblement horizontal. Il est constitué par un granite relativement clair, isogranulaire, équant, dont la caractéristique la plus marquante est le grand nombre de loupes surmicacées de taille centimétrique. Celles-ci, parfois vert foncé, contiennent alors de la cordiérite. A l'échelle de l'échantillon apparaît localement une faible linéation minéralogique marquée par les biotites». Cette linéation est alors sensiblement parallèle à la direction des métamorphites encaissantes.

Un diaclasage important, avec débit régulier, est particulièrement bien visible au belvédère de Gratte-Bruyère.

En lame mince, on observe : quartz, plagioclase (An 12), FK (2V = — 64), biotite, muscovite, cordiérite altérée, sillimanite, apatite, tourmaline verte, zircon. Les plages de plagioclases sont xénomorphes avec une structure plus ou moins engrenée. Les feldspaths alcalins ont une nette tendance à l'automorphie. La cordiérite, également automorphe, paraît se développer aux dépens de la biotite. Les loupes surmicacées sont formées de biotite et de sillimanite.

Le contact avec l'encaissant est franc, sans modification du granité aux bordures.

Une analyse chimique (annexe 1, analyse 27) indique un granite leucocrate monzonitique à tendance akéritique.

γ^U . **Granite d'Ussel.** Seule l'extrémité sud du massif apparaît sur la feuille Mauriac, sous forme d'une apophyse orientée grossièrement N-S et se terminant à Vendes sur la rive droite de la Sumène, sous forme d'une bande de quelques mètres de large. La limite orientale est marquée par les failles du Sillon Houiller. Au Sud de la vallée de la Sumène, le granite d'Ussel disparaît et se trouve remplacé par un granite à grain fin, à muscovite, (granite de Vendes : γ^m) très mylonitisé, qui se prolonge jusque sous les coulées du cantal au Sud de Jaleyrac.

Le granite d'Ussel dans son ensemble a fait l'objet de travaux récents (Mezure, 1980 ; Jebrak, Talbert), travaux auxquels on pourra se rapporter pour une étude détaillée. D'une manière générale, c'est un granite à grain moyen, non orienté, de teinte gris bleuté, à biotite et localement à cordiérite. Un faciès subordonné, rose, à muscovite, apparaît sous forme de bouffées à contours diffus. Enfin, un faciès à mégacristaux existe au sein du massif mais il n'est pas représenté sur la feuille Mauriac. Sur celle-ci le contact avec les formations cristallophylliennes se fait soit par faille, soit de façon normale. Le passage est alors rapide (une dizaine de mètres) ; la trame gneissique est envahie par de petits lits granitiques à feldspaths automorphes.

Les lames minces taillées dans le granite lui-même montrent du quartz xénomorphe, de l'oligoclase, du feldspath potassique pécilitique, de la biotite, de la cordiérite, de l'apatite, parfois de la muscovite et de la myrmékite. Lorsque l'on se rapproche du Sillon Houiller, le quartz présente une structure plus engrenée et une forte extinction roulante, le plagioclase est brisé avec des plans de macles courbes tandis que la biotite devient chloritisée et tordue.

γm. Granite à muscovite de Vendes. Prolongeant au Sud le granite d'Ussel, il s'agit d'une roche très leucocrate, fortement mylonitisée, à grain fin à moyen, où les rares micas apparents sont des cristaux de muscovite.

C. Cipolins. Les cipolins connus de la moyenne Dordogne sont tous situés le long de la N 682 ou à proximité immédiate (fig. 5). La zone qui les contient se situe entre le hameau de Peyralbe au Sud et la Thébaïde au Nord. Ces roches sont connues, pour certaines d'entre elles, depuis fort longtemps (cip. 1,2 et 5) et ont fait l'objet d'exploitation pour la chaux. Les autres ont été amenées à l'affleurement lors de l'ouverture du nouveau tracé de la route. Il s'agit de roches massives de teinte claire. Les différents pointements sont de petite taille (quelques dizaines de mètres tout au plus). Lorsqu'une foliation apparaît, elle est parallèle à celle des gneiss encaissants. Au contact des cipolins 3 à 6, on rencontre la masse d'amphibolite décrite précédemment, avec apparition de concentrations de diopside et de grossulaire.

Le niveau 1 a été décrit par Roques et Pribile : il est constitué d'une roche blanc grisâtre, massive, où se dessinent mal quelques alternances de couleur, avec de nombreuses petites mouches de sulfures (pyrrhotite) ainsi que quelques paillettes de phlogopite. La lentille 4, constituant la masse la plus importante actuellement visible, forme le plancher de la masse d'amphibolites. A la base de la lentille de cipolin se trouvent des gneiss à biotite-sillimanite-feldspath potassique. A proximité de ce contact, le cipolin prend un aspect granuleux. Il contient des paillettes de biotite et de phlogopite ainsi que quelques grains de quartz. En s'éloignant de la base, ces caractères disparaissent pour laisser place à une roche grise, massive, à cassure plus ou moins conchoïdale, avec quelques petites traînées irrégulières de phlogopites. L'existence de ces cipolins paraît indiquer une zone de hauts-fonds ou de zone côtière.

Deux hypothèses ont été émises quant à l'origine des cipolins : anciens récifs pour Roques, Pribile, Tempier ; ou anciens dépôts en milieu confiné (Debrabant). Cette deuxième hypothèse semble d'ailleurs la plus étayée et

les arguments produits par P. Debrabant (1970) sont assez convaincants, au moins quant aux caractéristiques chimiques. Il s'agirait alors « d'une calcarénite argileuse faisant suite à un calcaire relativement pur, l'ensemble étant plus ou moins dolomitique... ». On peut invoquer pour les calcaires métamorphiques de Peyralbe, une calcarénite feldspathique déposée en milieu lagunaire ou lacustre, certainement réducteur et subissant des apports clastiques d'une zone sodipotassique (annexe 1, analyse 23).

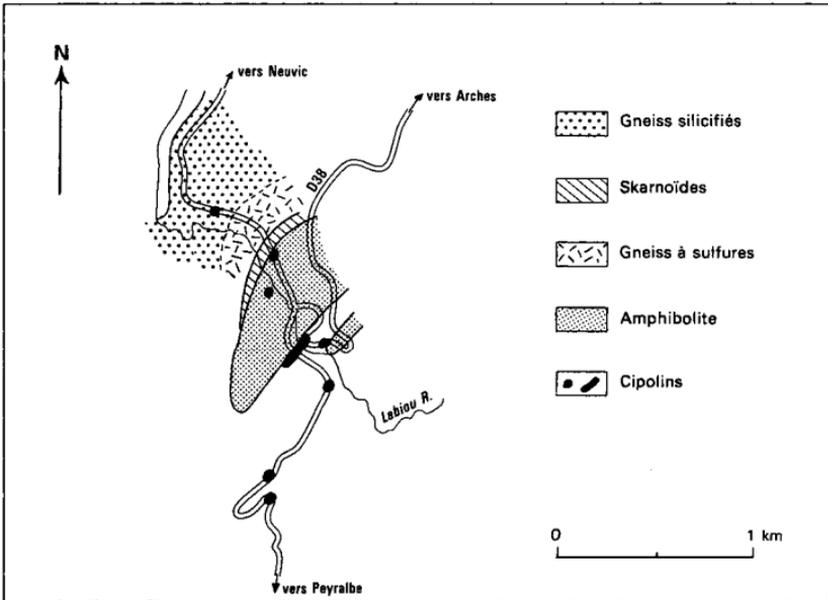


Fig. 5 - Localisation des cipolins
de la moyenne Dordogne

A. Serpentinites. Elles constituent des boules de taille diverses, mais en général inférieures à 1 m de diamètre, dans les gneiss à biotite sillimanite. Elles forment un chapelet à la limite des feuilles Mauriac et La Roche-Canihac à 1/50 000. A l'affleurement, elles présentent trois parties distinctes :
—une zone centrale, d'importance variable mais qui peut représenter jusqu'à 80 % de la masse ;
—une zone moyenne représentant 20 à 60 % ;
—une écorce biotitique très mince.

La zone centrale, le plus souvent de teinte brun clair, est soit massive avec sporadiquement des minéraux brun-rouge qui pourraient être, selon Grolier (1965), de la blende, soit affectée par un débit en feuillets grossiers,

parallèles à la foliation des gneiss encaissants. Sur ces surfaces de débit apparaissent d'anciens cristaux de pyroxène, complètement aplatis et pouvant atteindre 7 cm de longueur et qui sont pseudomorphosés en biotite. En lame mince, la roche, bien que très altérée, montre la structure maillée des serpentines. Dispersés dans la trame, on rencontre des fragments d'un minéral à fort relief, incolore, à clivages serrés (diallage ou amphibole incolore de type trémolite). Il pourrait s'agir là d'anciennes roches de type lherzolitique. Le passage à la zone médiane est brutal, bien qu'il ne semble s'agir que d'une modification plus poussée de la zone centrale car on trouve, « à cheval » sur les deux zones, d'anciens cristaux de pyroxène. Cette zone moyenne est à structure fibroradiée perpendiculairement à ses limites. Elle est de teinte variable mais, lorsque l'altération n'est pas trop importante, elle prend une teinte vert clair et apparaît comme formée essentiellement de cristaux de gédrite. Enfin, l'écorce est constituée d'une mince couche de cristaux de biotite et d'un autre mica verdâtre non déterminé.

D'autres serpentines ou roches voisines apparaissent sous forme de boules atteignant le mètre cube, entre les hameaux de Vent-Haut et Vent-Bas. Elles sont constituées d'une roche noir mat, compacte, présentant çà et là quelques cristaux verdâtres. En lame mince, apparaît une structure maillée entourant des restes de minéraux incolores à fort relief (diallage, olivine ?). Les minéraux opaques sont abondants ; il semble s'agir de chromite et de picotite.

Il existe d'autres roches basiques, non mentionnées sur la carte compte tenu de leur très faible importance volumétrique. C'est le cas de quelques lentilles sur la « route touristique du viaduc des Rochers Noirs » entre Sourzac et le viaduc, près de la cote 448. Il s'agit d'anciens filons basiques boudinés.

v. **Lamprophyres.** Présents dans le Sud de la série de la moyenne Dordogne, ils apparaissent localisés à proximité du contact anormal séparant micaschistes et gneiss.

Il s'agit le plus souvent de filons de puissance métrique, recoupant la foliation. On peut en voir sur la rive droite de la Dordogne, en aval du barrage de l'Aigle à la hauteur du pont traversant la rivière. De même, sur la route de la Ferrière à Tourniac ou encore au Sud de Brageac. L'orientation générale est SSE-NNW. Les filons sont constitués de roches massives, à grain fin, présentant une patine jaune ou ocre liée à l'altération. La roche fraîche est gris foncé, avec de nombreuses paillettes de biotite. Certains filons plus verdâtres semblent présenter de la chlorite.

En lame mince on distingue : andésine (An 35), quartz (peu), feldspath potassique, biotite, chlorite, calcite, apatite.

Le filon situé entre la Ferrière et Tourniac présente quelques quartz globuleux à golfes et lacunes de cristallisation. Le feldspath potassique est maclé Carlsbad. Le plagioclase, enchevêtré, peut se disposer en rosettes. La biotite est souvent automorphe ; la chlorite peut provenir de son altération, mais elle peut être également primaire et remplir les interstices entre les lat-

tes de plagioclase. Une analyse chimique de ce filon donne les paramètres CIPW-Lacroix de kersantite quartzique (annexe 1, analyse 28).

Q. Quartz. De nombreux petits filonnets de quartz blanc sont présents dans la série de la moyenne Dordogne, mais leur petite taille s'oppose à toute cartographie. Dans la brèche de faille, à l'Ouest de Champleix, un filon de quartz est minéralisé. Les autres filons ne le sont pas.

Éclogites. Seule une petite boule métrique a été signalé à proximité de la RN 682, au droit de la Thébaïde. Elle apparaît au sein de gneiss à biotite-sillimanite, mais le mauvais état de l'affleurement et la construction d'un mur de soutien ne permettent pas de voir les rapports avec l'encaissant. Il s'agit d'une roche sombre à grain fin où on distingue de nombreux grenats millimétriques à auréole verdâtre ; on distingue également un peu de quartz et des feldspaths, le tout emballé dans un fond verdâtre. L'absence d'analyses chimiques et de lames minces ne permet pas de donner d'autres précisions.

Σ. Paléovolcanites acides (probablement permienes). Le horst du Fayet est jalonné, depuis Lagarde au NNE jusqu'à Violle au SSW, par des pointements de paléovolcanites acides. Tous ceux qui étaient notés sur les cartes antérieures à 1/80 000 n'ont pas été retrouvés mais par contre de nouveaux gisements sont signalés.

La roche présente une pâte gris sombre devenant plus claire par altération, dans laquelle se distinguent quelques cristaux millimétriques de quartz limpide.

Précédemment attribuées au Stéphanien, ces porphyrites sont considérées ici comme permienes par analogie avec celles de la feuille voisine Pleaux (Larroque, 1972).

TERRAINS SÉDIMENTAIRES

Formations primaires

h5. Stéphanien sédimentaire. Les dépôts continentaux accumulés dans le fossé d'effondrement du Sillon Houiller sont généralement limités par des failles, à l'exception du bord est où ils ont localement recouvert le horst du Fayet—Brousse.

C'est au niveau de Prodelles—Ydes (bassin dit de Champagnac) que le Sillon Houiller a la largeur maximum de 3 km. Vers le Sud, le bassin se rétrécit, et à Coste-Mauve (au Sud de Mauriac) la largeur n'est plus que d'une centaine de mètres. Plus au Sud encore, sur la feuille Pleaux, le Sillon Houiller est réduit à une simple zone faillée.

Dans le bassin de Champagnac, 1200 à 1300 m de sédiments sont accumulés.

• Stratigraphie.

Le complexe détritique est à dominante gréseuse.

A la base du remplissage est une brèche dont les blocs, venant des abords,

sont des fragments du granité d'Ussel à l'Ouest. A ces blocs est mêlée une arène granitique remaniée. De bons affleurements de la brèche de base sont visibles en bordure de la D115 à Lempret-Bas, à Fanostre ou à Lavaurs. Le reste de la série est fait d'une alternance de :

—poudingues à galets pluridécimétriques à centimétriques de granités, de grès ou de quartz filonien (à Charlus, entre Parensol et la Sumène). La nature pétrographique des galets montre qu'ils proviennent des deux bordures du Sillon Houiller, des granites à l'Ouest pour des micaschistes et des migmatites à l'Est. Au centre du bassin le poudingue possède des galets provenant des deux bordures ;

—arènes granitiques remaniées ;

—grès plus ou moins arkosiques (butte du Frousty, Montgroux), ou quartzitique (entre Montmejot et Prodelles), parfois micacés ou charbonneux ;

—schistes tendres, riches en éléments carbonés ;

—un niveau argileux, localement appelé « roc séda » (*), accompagne les niveaux charbonneux. Il est composé d'illites et de petits cristaux de quartz dont la dimension est inférieure au micron. Il pourrait correspondre à des retombées de cendres volcaniques. Les niveaux charbonneux, millimétriques à plurimétriques, le plus souvent décimétriques, sont fossilifères. C'est leur paléoflore qui a permis l'attribution de l'ensemble de cette formation au Stéphanien moyen, un étage entièrement représenté, mais sans que de nettes coupures soient à noter dans la sédimentation. Letourneur (1953) y cite :

<i>Pecopteris bioti</i>	<i>Pecopteris unita,</i>
<i>Pecopteris hemitelioides</i>	<i>Pecopteris arborescens,</i>
<i>Pecopteris lepidorachis</i>	<i>Pecopteris cyathea,</i>
<i>Pecopteris polymorpha</i>	<i>Pecopteris pluckeneti,</i>
<i>Pecopteris paleacea</i>	<i>Calamites cruciatus</i>
<i>Pecopteris affinis</i>	<i>Calamites paleoceus</i>
<i>Pecopteris feminaeformis</i>	<i>Calamites suckowi</i>
<i>Callipteridium pteridium</i>	<i>Calamites varians</i>
<i>Callipteridium gigas</i>	<i>Calamites</i> sp. (abondant)
<i>Odontopteris reichi minor</i>	<i>Sphenophyllum oblongifolium</i>
<i>Odontopteris reichi</i>	<i>Linopteris brongnarti</i>
<i>Odontopteris subcrenulata</i>	<i>Linopteris germani</i>
<i>Odontopteris genuina</i>	<i>Neuropteris cordata</i>
<i>Alethopteris grandini</i> (abondant)	Sigillaires cannelées
<i>Alethopteris grandeury</i>	<i>Sigillaria</i> sp. (rare)
<i>Cordaites lingulatus</i> (abondant)	<i>Sigillaria brardi</i>
<i>Poacordaites linearis</i>	<i>Dorycordaites affinis</i> (rare)

(*) Voir lexique.

<i>Annularia stellata</i>	<i>Dicranophyllum gallicum</i>
<i>Annularia sphenophylloides</i>	<i>Cyclopteris</i> sp.
<i>Asterophyllites equisetiformis</i>	<i>Sphenopteris sterzelli</i>
<i>Calammites cisti</i>	<i>Diploptomena busqueti</i>

Ces niveaux houillers ont été exploités par de petites mais nombreuses mines. Seize puits de mine ou puits de reconnaissance sont recensés. D'importance très inégale, la plupart des exploitations étaient groupées autour d'Ydes et de Vendes. Les plus profondes des exploitations ont permis à Letourneur (1953) d'établir la succession suivante :

- ***bassin de Champagnac*** :

- 100 à 200 m de conglomérats de base avec épanchements rhyolitiques ;
- 300 m série de Champagnac avec 5 couches de charbon gras ;
- 600 m série stérile de poudingues, de grès, de schistes, 200 m série de Montoussou : grès et schistes.
- à Vendes : faisceau de 5 couches de schistes bitumineux avec 3 niveaux de «roc séda» reposant sur des rhyolites.

L'effondrement par saccades du Sillon Houiller a induit de nombreuses reprises d'érosion des abords, ce qui a eu pour effet d'alimenter les séries récurrentes, plus particulièrement nettes au flanc ouest. Les couches de houille signent les périodes de calme tectonique.

Les épanchements rhyolitiques signalés par Letourneur (1953) au mur du Stéphanien n'affleurent qu'à Jaleyrac, sous la forme de fragments millimétriques vert pâle, mêlés à une arène granitique remaniée.

• ***Particularités***

Au versant est du horst du Fayet (faille de Tauves), un placage isolé de brèche à éléments de micaschistes dans un ciment gréseux rubéfié, a été tout d'abord regardé comme étant l'équivalent des brèches de base du Houiller. Letourneur (1949) l'attribue ensuite au Permien en raison de sa couleur. Nous préférons revenir à la première interprétation car la couleur de la brèche semble tardive, à cause d'une rubéfaction climatique qui affecte tous les micaschistes de la feuille comme ceux de la feuille Pleaux. L'âge de cette rubéfaction, non connu avec précisions, pourrait être éocène (cf. *infra*).

Formations tertiaires antévolcaniques

Les deux épisodes sédimentaires tertiaires bien enregistrés dans le Cantal à l'Oligocène (Stampien) et au Miocène sont ici représentés.

g2. Oligocène. Au Nord, à l'Est et au Sud, la *bassin de Salins* disparaît sous les formations volcaniques du Cantal. A l'Ouest, il est brutalement limité par une série de failles méridiennes, puis par une faille N 50° E (faille de Concoulet ou Concoulès), qui remontent le socle. Celui-ci affleure en contrebas du village de Chambres.

Le *contact socle—Oligocène* est souligné par une zone de cailloutis de quartz laiteux et fragments de métamorphites rubéfiés. Les galets quartzeux à pâte rouge ont des angles légèrement émoussés. Cette formation est étendue dans la région de Pleaux et au Sud-Ouest de Mauriac (la Roussilhe, Saint-Thomas) où elle sépare la base des langues basaltiques du socle. Dans la région de Pleaux, les micaschistes du socle, à nombreuses amygdales de quartz, ont subi une altération de type sidérolitique sur des épaisseurs parfois importantes (plus de 20 m au pont d'André à l'Ouest de Pommier).

Nous pensons que ces cailloutis, présents à la base de la série oligocène (ou sous les coulées basaltiques), proviennent du remaniement de ces altérites. L'épisode sidérolitique, anté-oligocène, pourrait avoir un âge *éocène*. Signalons que, sur les cartes, les cailloutis de quartz à pâte rouge, trop peu épais, et discontinus, n'ont pu être distingués.

A l'ombilic du bassin, les dépôts oligocènes ont 250 m d'épaisseur.

Essentiellement argileux et marneux, ces terrains ont été sensibles aux alternances gel-dégel en climat périglaciaire. La morphologie de la vallée de l'Auze est ainsi, sur 5 km, perturbée par de nombreux glissements de terrain. Les versants ne sont encore pas stabilisés (absence heureusement de constructions) et des arrachements se créent toujours. Le remaniement des versants rend difficile l'établissement d'une stratigraphie fine.

A partir de différents sondages on distinguera, de bas en haut : (Jung 1954):

- une zone I à argile arkosique (50 m) ;
- une zone II à illite et kaolinite vertes (50 m) ;
- une zone III à illite pure dominante (100 m) ;
- une zone IV à illite et montmorillonite (50 m).

Au sein des ensembles III et IV (argiles et marnes vertes, blanches ou bariolées), existent trois niveaux de calcaires blancs :

- le niveau inférieur est un calcaire dur, très riche en planorbes et limnées. Épais d'au moins 1 m, il affleure en deux points dans le lit de l'Auze : en amont du moulin de Chambres (altitude 530 m) et près du confluent des ruisseaux de Bouire et de l'Auze (altitude 590 m) ;
- les deux niveaux supérieurs, d'environ 50 m de puissance, sont des calcaires tendres, riches en hydrobies et, en moindre quantité, en ostracodes et characées (notice de la feuille Mauriac à 1/80 000).

Des foraminifères sont aussi signalés dans une meulière sous le château de Chambres (notice de la carte Mauriac à 1/80 000, 1969 ; Rey, 1971). Dans le bassin de Salins, la succession des niveaux calcaires est inverse de celle qui existe dans le bassin d'Aurillac où les calcaires tendres à hydrobies sont plus anciens que les calcaires durs à limnées et planorbes. A cette époque, les deux bassins devaient être séparés.

L'existence de plusieurs niveaux calcaires est probablement la conséquence d'affaissements au cours de la sédimentation.

Le bassin de Salins est connu par ses niveaux de marnes à grands cristaux de gypse lamellaire, des cristaux signalés dès 1901 par Lacroix (Minéralogie de la France : t. IV, p. 191).

- **Autres gisements oligocènes.** Les prolongations nord et est du bassin de Salins sont masquées par les laves de la planèze de Mauriac. Toutefois, des marnes et des calcaires marneux existent au Nord de cette planèze, en rive droite de la vallée du Mars et au voisinage des failles du Moulin de Flore et des Mirandes.

Ces affleurements ont été regardés (notice de la carte à 1/80 000) comme la prolongation NNE du bassin de Salins, mais aucun gisement n'a été trouvé en rive sud du Mars. Il doit plutôt s'agir de petits bassins indépendants. Les affleurements les plus étendus sont à l'Est de Méallet, entre Claveyre et le Puy de l'Hom. Des marnes vertes, d'une dizaine de mètres d'épaisseur, sont recouvertes par des calcaires blancs soit décimétriques à métriques, soit en plaquettes finement litées sans macrofaune (niveaux de quelques décimètres), soit en niveaux (jusqu'à 2 m d'épaisseur) où la calcite forme le ciment caverneux de sable grossier à quartz.

Un second gisement se situe au Sud de Claveyres, au bord de la route D 678 près de Milière (altitude : 700 m). Ce sont des marnes blanches surmontées par un calcaire meuble.

m ; mC. **Miocène.** Nous attribuons au Miocène, les niveaux de sables blancs et de sables argileux verts ne recélant aucune intercalation de sédiments biochimiques (marnes, calcaires). Exceptionnellement toutefois, ces niveaux renferment à leur base de petites concrétions de calcaire silicifié. Ces dépôts sont beaucoup plus largement distribués que ceux de l'Oligocène. A cette époque, les eaux ont très largement débordé les bassins d'effondrement et se sont étendues dans les plaines. Ces dépôts meubles n'ont toutefois été conservés qu'en placages très peu étendus (actuel plateau du Limousin à l'Ouest de la Dordogne) que lorsqu'ils ont bénéficié de la protection des terrains volcaniques (coulées, extrusions). Ils sont aussi conservés dans les zones effondrées où ils ont dû être plus épais (Pradel dans le Silon Houiller, graben de Saignes—Sauvât).

Ces terrains antévolcaniques sont macroscopiquement azoïques. Lorsque ces dépôts sont fortement argileux ils sont difficiles à distinguer des argiles vertes oligocènes.

- **Difficultés cartographiques de ces dépôts.** La partie supérieure du gisement manque souvent en raison de leur érosion. Quant à la base, elle est souvent modifiée en raison de la forte tendance qu'ont ces terrains à fluer. Ajoutons que les dépôts pelliculaires (bassin de Saignes—Sauvât par exemple) sont terreux, remaniés. Leur cartographie ne peut être qu'approchée.

- **Péetrographie des dépôts.** Très généralement ce sont des sables verdâtres, plus ou moins argileux. Quelques particularités sont cependant à signaler:

—à *Junsac*, le dépôt est plus grossier avec des galets de quartz blancs mêlés à des sables blancs arkosiques à gros grains ;

—sur le *Rouiller de Pradel*, le long de la route D 922 s'observe, à la base, un sable non argileux, assez grossier, à concrétions de calcaire silicifié (quelques mètres de puissance). Il passe rapidement mais progressivement tout de même, à un sable argileux vert sans concrétions ;

—à *Sauvat*, la base du dépôt est formée de galets auxquels succèdent des argiles graveleuses à concrétions calcaires (Varet, 1967), retrouvées au Puy de Monteil ;

—des concrétions calcaires existent aussi à *Ribes-Milhac* et à *Aulhac* (Varet, 1967), comme à *Auzers* (Thonon, 1967). Il semble que ces concrétions n'existent qu'à la base des dépôts des zones où les sables argileux se sont accumulés sur une considérable épaisseur. Ces niveaux sont de bons repères stratigraphiques. Ainsi, entre le Monteil et Pradel ils signent une dénivellation de 110 m.

• **Composition des sables argileux.** Les galets sont en quartz blanc ; la fraction sableuse est faite de quartz, souvent seul présents dans les fractions grossières, blancs ou limpides, à angles vifs ou émoussés. Existents aussi parfois, retenus dans les tamis plus fins, des feldspaths émoussés (Bouriannes), de la biotite (rare) ou de la muscovite (Auzers, vallée du Mars). Les minéraux d'origine volcanique sont absents.

Les argiles, en pourcentages très variables sont parfois absentes (sables blancs). Elles peuvent constituer plus de la moitié du sédiment. De couleur le plus souvent verte, elles peuvent aussi être blanches, ou rouges par « cuisson » sous coulée (Bouriannes,...). Souvent les smectites dominent mais les pourcentages en smectite, illite et kaolinite sont très variables :

—près d'Auzers : 90 % de smectite, 4,5 % d'illite, 5,5 % de kaolinite ;

—à Roche (vallée du Mars) où les argiles constituent 20 à 44 % du sédiment, un premier échantillon est composé presque uniquement de smectites, alors qu'un second possède : 58 % de kaolinite, 40 % de smectite, 2 % d'illite. Un troisième échantillon est surtout kaolinique (90 à 93 %), avec un peu d'illite et de smectite : 7 à 10%.

Formations superficielles—Quaternaire

D'assez abondants dépôts d'origine glaciaire existent sur la moitié est de la feuille Mauriac. Ils prolongent, à l'Ouest, ceux de la feuille Riom-ès-Montagnes.

Gy. Dépôts morainiques. Ils forment des placages assez épais au Nord de la feuille, tandis qu'au Sud, de part et d'autre de la vallée du Mars, demeurent des buttes composées de moraines. Parallèles entre elles, elles le sont aussi grossièrement à la vallée du Mars. Il s'agit de drumlins, buttes formées sous la glace par suite d'une double action du glacier : une action d'accumulation du matériel morainique et une action d'érosion qui a modelé la moraine en collines. Ces drumlins sont du même type que ceux observables dans d'autres secteurs du massif cantalien (sur la feuille Vic-sur-Cère notamment).

FGy2 – Fgy1. **Dépôts fluvio-glaciaires.** Ils sont abondants le long des cours d'eau et dans la partie nord-est de la feuille. Faute de sondages, il a été difficile de distinguer les dépôts fluvio-glaciaires au sens large, des dépôts limno-glaciaires.

FGy2. Accumulation située à 440-450 m d'altitude formant un niveau situé environ 20 m au-dessus des alluvions récentes. Il est bien développé le long du ruisseau d'Ydes-les-Plaines et le long de la Sumène.

FGy1. Accumulation située à 460-475 m d'altitude constituant un niveau bien observable au Nord-Est de la feuille.

Il est probable que ces deux niveaux relèvent de fluctuations contemporaines de la dernière période glaciaire.

E β . **Éboulis.** Forment de grands tabliers de blocs (exemple de Chastel-Marlhac). Il faut les distinguer des blocs glissés ou des panneaux de lave descendus sur les versants (sur les versants de la vallée du Mars en particulier). Ces derniers résultent notamment de l'intervention de la décompression post-glaciaire. Leur mise en place est distincte, quant aux processus, de celle des éboulis qui, eux, sont dûs à la cryoclastie.

Fz. **Alluvions récentes.** Forment un petit ruban d'accumulation sur lequel coulent les principaux cours d'eau.

T. **Tourbières** (ou prairies tourbeuses). Elles occupent le fond de certains alluvions.

On notera sur la feuille Mauriac, que le dessin du front glaciaire était ici encore lobé. L'extension était plus importante au Nord que dans la partie centrale. L'ampleur des glaces était directement liée à la présence de grandes vallées capables d'alimenter les plateaux proches. L'extension des glaces au Nord de la feuille est à mettre en relation avec l'existence, non seulement de la vallée de la Sumène, mais plus sûrement de la proximité de la vallée de la Rhue (feuille Bort-les-Orgues). De même, les placages morainiques sont nombreux à proximité de la vallée du Mars. Entre Rhue, Sumène et Mars, les plateaux ont été faiblement englacés.

Les divers dépôts observés ne permettent pas d'envisager des englacements multiples et très anciens ; ils relèvent essentiellement de la dernière glaciation.

TERRAINS VOLCANIQUES ET VOLCANO-SÉDIMENTAIRES

Les deux provinces volcanologiques

Les terrains volcaniques, avec leur cortège de téphra, affleurent essentiellement à l'Est du Sillon Houiller, à l'exception de quelques pointements dispersés et surtout de la longue planèze de Mauriac dont la table, plane, cultivée, entre la Sumène et l'Auze, contraste dans un relief par ailleurs accusé et couvert de forêts. Les affleurements sont également rares au Nord d'une ligne joignant Sauvat à Chastel-Marlhac.

Le volcanisme sur la feuille Mauriac relève de deux provinces magmatologiques (Brousse, 1961). La plus importante, par la surface couverte et par le volume des produits épanchés, est la province du strato-volcan du *Cantal* qui, pour l'essentiel, se développe sur les cartes voisines de l'Est et du Sud.

L'ensemble du strato-volcan, avec des produits mêlés des deux séries, s'est construit principalement du Miocène moyen au Pliocène, en 10 millions d'années.

La seconde province volcanologique se distribue de part et d'autre du *Sillon Houiller*, faite de petits volcans dispersés, réduits actuellement à leurs seules ossatures internes (Magonthier, 1974 ; Le Garrec, 1988).

La distinction géographique entre les deux provinces est à la fois aisée, lorsqu'il s'agit de rapporter au Cantal les planèzes et les brèches continues depuis le centre jusqu'aux marges mauriacaises, et très délicate dans l'attribution d'unités volcaniques, certes autonomes, mais contiguës à l'ensemble cantalien, car la province volcanique du Cantal pénètre plus ou moins loin celle du Sillon Houiller selon l'importance et l'ouverture des failles locales N 120-130°. Deux ensembles de fractures NNW-SSE sont particulièrement actifs :

— celui qui, selon le grand axe du massif cantalien, immédiatement au Nord de Mauriac, permet l'extension du volcanisme effusif planézien au-delà du Sillon Houiller, jusqu'aux abords de la Dordogne (Puy Saint-Mary, Suc de Boulan, Arches) ;

— dans le second ensemble, au Sud de Saignes, sont les roches fortement différenciées (K benmoreites sous-saturées - phonolites de Ribes-Milhac, Aldis, Auteroche).

L'interpénétration des provinces volcaniques du Cantal et du Sillon Houiller s'annonce par l'apparition de pointements de basaltes à chimie intermédiaire entre celle des basaltes à leucite et rhônite du Sillon Houiller et celle, sodique, cantalienne. De telles laves, avec ou sans leucite normative, et sans rhônite, existent aussi bien à l'Est du Sillon Houiller (maar de Brousse sur la faille de Tauves, jusqu'à présent considéré comme non volcanisée au Tertiaire), comme à l'Ouest du Sillon Houiller (Pommier, Arches).

Ce même type de lave potassique constitue aussi de courtes coulées cantaliennes qui, infraplanéziennes, précèdent les grands épanchements de basaltes sodiques planéziens (Lavialle, Roche-de-Chambres, le Monteil-Aymons, Arches). L'existence de ces basaltes à chimie intermédiaire (en pointements isolés et en coulées infraplanéziennes), comme le cas singulier du paléolac de Chastel-Marlhac dans lequel coexistent basalte sodique et basalte potassique à leucite (7 %), rendent impossible la définition d'une coupure magmatologique entre les deux provinces du Cantal et du Sillon Houiller. L'individualité de la province du Sillon se pose.

Basaltes alcalins sodiques pliocènes du Cantal

Les points de sortie des basaltes planéziens.

Les nappes basaltiques terminales, en coulées épaisses de 2 à 15 m, se sont épanchées fort loin de leurs centres émissifs. En tête de planèze, les points d'émission, sont :

- le Puy Violent, pour la planèze de Mauriac (entre le Mars et l'Auze) comme pour la planèze de Salers—Pleaux (au Sud de l'Auze) ;
- le Suc de Rond, pour la planèze de Trizac (au Nord de Marilhou) et celle de Moussages (entre le Marilhou et le Mars).

L'épaisseur de l'empilement des nappes en planèzes décroît des « têtes » d'émission aux extrémités. Elle atteint 60 m à Fressanges (planèze de Moussages) et 80 m à Noux (planèze de Salers). Les nappes planéziennes ont largement débordé le complexe des brèches trachy-andésitiques. Elles reposent alors soit directement sur le socle, soit sur les sables argileux miocènes qu'elles thermométamorphisent parfois. La faible densité des affleurements oblige à utiliser des critères morphologiques et hydrologiques pour limiter les coulées. Les contours proposés correspondent de ce fait à des ensembles de coulées plutôt qu'à des unités distinctes.

Indépendamment des points émissifs cités, trois autres centres locaux sont reconnus :

- le Troumelou près d'Auzers (Roux, 1953) ;
- le Puy Saint-Mary à Mauriac, pourtant très périphérique et à l'Ouest du Sillon Houiller ;
- le Suc de Boulan, également à l'Ouest du Sillon.

Les deux premiers volcans ont émis des cendres qui ont été thermométamorphosées par les basaltes qui les recouvrent.

Il est probable qu'existent d'autres événements discrets, notamment près de Lavalie.

Au Sud de Jaleyrac, une avancée basaltique a très largement dépassé le Sillon Houiller pour s'arrêter près du cours actuel de la Dordogne, à la butte de Miremont au-delà du château de Montfort et de Vezac.

Au Nord-Ouest du front actuel des langues planéziennes, subsistent des buttes témoins :

- les buttes de Miremont et de Vezac, en avant de la planèze de Mauriac ;
- le Puy de l'Hom, les buttes de Champomadour, Courdes et Montirat, au-devant de la planèze de Moussages ;
- les Chevadières (= le Roc) et le bois de Mazeroux précèdent la planèze de Trizac.

Quelques panneaux basaltiques en position basse, qui ont pu être considérés comme des témoins miocènes, sont en réalité des fragments de planèzes, glissés en régime périglaciaire :

- en rive droite de l'Auze, existe un panneau de basalte prisme descendu de 100 m (de 720 à 620 m). Il a entraîné avec lui quelques lambeaux de la brèche trachy-andésitique sous-jacente ;
- ce même phénomène se répète au versant nord de la planèze de Mauriac à la Bastide-Marsac, au passage de la faille du Moulin de Flore. Il y existe une structure subcirculaire de 800 m de diamètre, non associée à des projections de maar, que nous interprétons comme un affaissement du toit de la loupe de glissement ;
- sur le trajet de la faille du Moulin de Flore, mais en rive nord du Mars cette fois (planèze de Moussages), des panneaux glissés existent aussi près du chemin de Plane val.

La « rivière de pierres » de Betaine. En contrebas de la planèze de Mauriac, le lit du ruisseau de Betaine est encombré, sur 600 m de long, de blocs métriques, anguleux, de basalte. L'abondance de ces blocs a fait conclure (carte à 1/80000) à l'existence d'une coulée miocène démantelée. Or, la lave des blocs est identique à celle de la planèze de Mauriac qui affleure 1 km en amont. Ce ne sont pas de simples éboulis, mais plutôt des éboulis cryoclastiques assistés par les glaces dans leur déplacement (Valadas, 1983). L'abondance des eaux, donc de glace aux époques glaciaires et périglaciaires en cet endroit précis, est due aux exurgences sous la planèze de Mauriac. Celle-ci repose en effet sur un épais niveau imperméable de sables argileux miocènes qui ont dû faciliter le glissement des éboulis de basaltes planéziens. Dans ces éboulis, l'eau et la neige transformées en glace ont dû constituer un petit glacier qui a progressé en suivant un thalweg. Ainsi s'explique la forme allongée de l'« éboulis » basaltique et le fait qu'il se retrouve aussi loin de la roche-mère.

Description des différentes basaltes des planèzes

${}_a\beta_{ol}$; ${}_a\beta$; ${}_a\beta^P$; ${}_m\beta_{ol}$; β^1_{ol} ; β^1P . **Basaltes alcalins sodiques** (basaltes au sens strict, et basanites). Ces basaltes sont les plus communs du volcanisme planézien. Les coulées, souvent prismées, ont leurs prismes subdivisés en lauzes (surtout dans le cas des leucobasaltes ${}_a\beta_{ol}$, ${}_a\beta$ et ${}_a\beta^P$). Les macrocristaux d'olivines, jaunes à verts, abondent mais restent relativement petits, ne dépassant que rarement 5 mm, le plus souvent inférieurs à 2,5 mm. L'altération se manifeste de différentes façons.

Pour les roches à débit en lauzes, une prime altération fait apparaître des « flammes » gris clair soulignant les plans d'écoulement de la lave (altération préférentielle de certains niveaux).

Plus altérée, la roche acquiert une teinte homogène « gris souris » à gris bleuté. Il arrive qu'à l'échelle d'un affleurement de quelques mètres carrés, l'altération n'affecte que la partie haute des prismes, ou varie latéralement de manière rapide (carrière de Chassagne dans la vallée du Marilhou) et brutale d'une roche très sombre à une roche très claire. L'altération se fait aussi en « pelures d'oignons ». Dans tous les cas, le feutrage blanc de baguettes plagioclasiques des trachy-basaltes (${}_a\beta_{ol}$, ${}_a\beta$ et ${}_a\beta^P$) est mis en évidence.

• Structure

La structure est fluidale à trachy-doléritique dans les hawaïites où les grandes lattes feldspathiques enserrant les autres minéraux. Localement, une structure doléritique intersertale se développe. Dans quelques basaltes enfin, les lattes plagioclasiques ont des limites floues (Lavialle, le Boulan, Puy St-Mary) dans une structure bostonitique. Les laves ${}_m\beta_{ol}$, β^1_{ol} , β^1P ont une structure microlitique.

• Minéralogie (les analyses chimiques sont reportées en annexes 8,9 et 10)

— *Cristaux intratelluriques.* Ils constituent 7 à 13 % des laves.

Les olivines sont les phénocristaux les plus abondants et souvent les seuls minéraux de première paragenèse. Leurs grands prismes automorphes sont

craquelés et creusés de golfes de corrosion. Elles peuvent être gainées d'idingsite ou être carbonatisées comme à Courdes, Salins et au Nord de la plaine de Mauriac près de Boissières. Exceptionnellement, les olivines sont serpentinisées (basalte pliocène de Méallet). Elles renferment souvent de petits spinelles automorphes. Leur zonation est normale, de 84 à 86 % de Fo au cœur, à Fo 77-78 % à la périphérie (annexe 3).

Les clinopyroxènes, non constants, n'atteignent qu'un pourcentage inférieur à 5 %. Les prismes trapus, parfois maclés (001), ne dépassant pas 2 mm, sont souvent fragmentés. Leur cœur, rarement à pléochroïsme vert, est le plus souvent rose pâle tandis que la périphérie est violacée. La structure en sablier est fréquente. Ces phénocristaux sont souvent groupés en amas glomérophyriques, parfois en association avec les olivines. Du cœur à la périphérie (microanalyses, annexe 4), l'appauvrissement en Si, Mg et Fe est compensé par un enrichissement en Ti, Al, Mn et Na.

Les plagioclases, rares en phénocristaux, existent dans les hawaïites anciennement appelées labradorites (ou leucobasaltes), jusqu'à concurrence de 3%, voire, exceptionnellement, de 6%. Ils sont en baguettes maclées atteignant 3 mm de longueur (butte-témoin de Clavières).

Les fantômes de hornblende, enfin, sont extrêmement rares.

— *Mésostase.*

Premier temps de cristallisation: les plagioclases, labrador-andésine An 26 à 59 (analyses, annexe 5) atteignent 50 à 60 % dans les basaltes à structure trachy-doléritique ou fluidale. Les microlites ont de 400 à 800 de longueur pour les premiers, pour 50 à 150 μ de large. Leur taille est plus petite dans les laves à structure fluidale.

Les clinopyroxènes sont des salites (analyses, annexe 4). Dans les basaltes à structure trachy-doléritique où ils ont de 20 à 80 μ , ils ne constituent que 20 à 30 % de la roche.

Les olivines sont rares.

Les titanomagnétites (analyses, annexe 2) sont d'abondance variable : 2,5 à 4 % seulement dans les basaltes trachy-doléritiques, elles sont apparemment plus nombreuses dans les néphélines. Les cristaux sont soit équidimensionnels soit, dans certaines lames trachy-doléritiques, en aiguilles souvent fragmentées ou en trémies. Dans certains cristaux équidimensionnels existent déjà des exsolutions d'ilménite (analyses, annexe 2).

Second temps de cristallisation: la phase interstitielle. Les feldspaths alcalins (sanidine ; analyses, annexe 5), en lattes automorphes dans quelques basaltes à structure trachy-doléritique (1^{ère} phase de cristallisation), sont plutôt en plages pœcilitiques englobant des cristaux de salites et de titanomagnétites. Dans le basalte miocène de Salins, vitreux, les feldspaths alcalins sont des anorthoses (Or 16 à 23).

La néphéline, lorsqu'elle existe, accompagne les feldspaths alcalins dans les plages pœcilitiques (analyses, annexe 5).

Dans ce fond interstitiel, de très fines aiguilles d'apatite constituent un feutrage lâche.

Quelques paillettes de phlogopite y sont parfois présentes, en faible quantité.

Dans certaines laves, le refroidissement a été trop brutal pour que le liquide interstitiel ait eu le temps de cristalliser. Il reste alors un verre brun.

—*Minéraux fumetolliens*. La chlorophaéite (*) est souvent abondante dans les basaltes à structure trachy-doléritique où elle peut atteindre 10% à l'analyse modale, en microfilonnets ou tapissant des microgéodes, ou encore dans les espaces intercrystallins.

L'ancalcime est fréquente, en liseré rose, autour des microlites.

Les carbonates (aragonite surtout) sont fréquents.

Les xénocristaux de quartz sont assez fréquents, entourés d'une auréole réactionnelle pyroxénique.

idβ. **Basaltes porphyroïdes**. Les basaltes dit « porphyroïdes » sont immiscés dans le complexe des brèches trachy-andésitiques du Cantal.

Ce pseudo-sill se suit parfois sur plusieurs kilomètres. Comme les brèches ont été souvent remaniées par les phénomènes glaciaires, les blocs de basalte porphyroïde ont été déchaussés et ils gisent en chapelets subhorizontaux au versant des vallées. Plus rarement, ces blocs sont en place et ils font alors corps avec la brèche. Ce basalte est aussi en dyke à Couffinègre dans la vallée du Mars.

Ce basalte est remarquable par l'abondance de grands pyroxènes automorphes de 5 mm environ mais pouvant atteindre 2 cm.

- **Structure.**

Fortement porphyrique, la structure est est doléritique à trachy-doléritique, voire microlitique.

- **Composition minéralogique.**

—*Phénocristaux*. Les clinopyroxènes, automorphes mais fragmentés se sont formés en deux temps : le cœur homogène s'est développé dans la chambre magmatique tandis que la bordure, plus tardive, englobe des microlites de feldspaths et des minéraux opaques. Certains cristaux ont un cœur de salite ferrique (pléochroïsme vert).

Les plagioclases sont rares, en grandes lattes, maclées, de 1 à 4 mm, avec souvent des inclusions de minéraux opaques et d'apatite.

Des amphiboles pouvant atteindre 5 mm de long sont résorbées, constellées de granules de minéraux opaques plus abondants dans les bordures qui peuvent être totalement opacifiées.

Seule la lame correspondant à l'analyse 50 (annexe 6) ne renferme pas d'amphibole (à l'Est de Boissières). Le dyke de Couffinègre (vallée du Mars ; Lambert, 1969) présente des hornblendes bien conservées, avec seulement une couronne de minéraux opaques. C'est une hornblende proche d'une kaersutite (analyse chimique: A.Lambert, 1969; annexe 7).

Les olivines ne sont présentes qu'en petite quantité. Elles peuvent être saines, cernées d'oxydes, ou carbonatisées.

(*) Voir lexique.

Quelques grandes magnétites, pouvant atteindre 1 mm, sont aussi présentes dans cette première paragenèse, en cristaux amiboïdes.

— *Mésostase*. Feldspaths très abondants (environ 40 %). Les plagioclases sont beaucoup plus nombreux que les feldspaths alcalins. Pyroxènes. Titanomagnétites (en aiguilles dans la lave du sill à l'Est de Boissières). divines : rares. Quelques paillettes de phlogopite.

— *Minéraux fumerolliens*. Ce sont surtout des carbonates.

• *Chimie* (analyses et normes, annexe 6)

Trois analyses ont été faites des roches présentes sur la feuille. L'une d'entre elles (n°49) correspond à une K hawaiiite saturée (1,80% de quartz normatif). Les deux autres sont des basaltes alcalins, l'un sodique (n° 50), l'autre potassique (n°51).

αβ b. **Basalte trachy-doléritique à biotite** : région de la Pouvière (planèze de Trizac). Dans une structure trachy-doléritique, outre les olivines, clinopyroxènes et amphiboles, la biotite est abondante parmi les phénocristaux. La pâte possède des clinopyroxènes, des olivines et des minéraux opaques noyés dans une mésostase de feldspaths xénomorphes. Cette lave, déjà évoluée, est plutôt une hawaiiite qu'un basalte.

*β*⁵. **Néphélinites**. (En légende ces laves ont, par erreur, été attribuées au Miocène). Ces laves sont fortement sous-saturées ($\text{SiO}_2 < 40\%$) pour une teneur normale en K_2O . Les deux sites repérés, la butte de Courdes (château) et celle du Monteil-Douguèbre, sont peut-être des buttes-témoins planéziennes, mais l'absence de brèche trachy-andésitique sous ou à leurs abords fait plutôt opter pour des pointements isolés, particulièrement au Monteil-Douguèbre.

Leur structure est porphyrique microlitique. Elles diffèrent des basanites à néphéline par une plus grande abondance de la néphéline allant avec la disparition des plagioclases. Les phénocristaux sont de très abondantes olivines, en cristaux (5 mm) automorphes corrodés, et de rares pyroxènes (1 mm) (salites) automorphes.

Parmi les microlites, où manquent les olivines et les plagioclases, les pyroxènes (salites) sont très largement dominants. Les minéraux opaques sont en cristaux automorphes, de 100 microns au plus, alors que la néphéline, très abondante, est en plages pœcilitiques (1 mm parfois) accompagnée par les plages xénomorphes rosées d'analcime. Quelques cristaux de phlogopite atteignent quelques microns.

La leucite, normative, n'y est pas exprimée.

Analyses chimiques et normes : annexe 8.

βπ. **Basalte à nodules de péridotite** de Méallet (infrabréchique), d'âge miocène. Près de Auteroche et de Milhac, quelques coulées à nodules marquent le début du cycle planézien (basaltes non analysés).

Basaltes pliocènes du Sillon Houiller

β^1 . **Basanite à leucite.** *La coupure pétrochimique* entre les basaltes sodiques cantaliens et ceux, fortement potassiques et fortement sous-saturés du Sillon Houiller, n'est pas nette. Une transition existe entre ces deux extrêmes. Les pointements correspondants à ces différentes étapes chimiques sont distribués en une bande N 20° E d'environ 18 km de large, comprenant le Sillon Houiller (dont la plus grande largeur est de 3 km). Au sein de cette bande, les néphélinites à plus de 10 % de leucite normative se limitent à une bande large de 8 km mais elles n'y sont pas les seules présentes.

Les sites de basaltes à leucite et rhönite sont concentrés en une ellipse subméridienne de 6 km sur 2,5 km dont le « centre », à l'Ouest du Sillon Houiller, est proche du Puy de Prodelles.

• **Les pointements basaltiques en limite ouest du Sillon Houiller et dans le Sillon Houiller**

Sur la faille bordière ouest: le Puy de Prodelles. De 600 m de long et 400 m de large, ce puy, à toit plan, est essentiellement fait de lave massive mais il possède aussi un croissant de pyroclastites à son flanc sud. Dans la carrière ouverte du flanc est, le basalte a un débit en plaques verticales à sub-verticales passant à des prismes en gerbes ou à des zones désordonnées. La roche, aphyrique, est dépourvue de xénolites de socle et d'enclaves de péridotite.

Le Puy de Charlus, parfaitement circulaire, de 250 m environ de diamètre, est une extrusion complexe. Il n'a jamais été observé de projections. Le débit des laves y est varié : en lauzes, en gerbes de prismes, en blocs informes.

Les puys à l'intérieur du Sillon Houiller: le Puy de Frousty (ou Puy du Forestier, ou de Lagnac). Ce relief imposant est en grande partie constitué de sédiments houillers (poudingues, grès, ...). Seule la partie sommitale, basaltique, correspond à l'émergence de deux petits neck coalescents ennoyés sous leurs propres éboulis. L'extrusion nord possède de longs prismes de basalte vitreux riche en macrocristaux de pyroxènes (pas d'enclaves de socle) alors que celle du Sud, à plus fins prismes, renferme beaucoup moins de macrocristaux pyroxéniques.

• **Le volcanisme de la faille de Sauvat**

Le Puy l'Abbé (ou Puy de Sauvat). Trois cheminées basaltiques y existent, entourées de tufs palagonitiques soudés, stratifiés, avec bombes, scories et retombées aériennes fines de maar.

A l'Est de Sauvat, la lave de la cheminée principale, en longs prismes verticaux enduits de carbonates et de quartz, est exploitée. La roche est aphyrique, dépourvue d'enclaves de socle et de nodules de péridotite.

Les deux autres cheminées, au Nord-Est et à l'Est, vers Agut, sont beaucoup plus petites.

- **Minéralogie et analyses (rappels)**

Le plus souvent prismées (vraie et fausse colonnade), ces laves sont subaphyriques à Prodelles, Sauvât (Puy l'Abbé) et Brousse, ou peu porphyriques aux puys de Frousty et de Charlus. La structure de la pâte est microlitique.

— *Les minéraux de première paragenèse* : les olivines (Fo 83) ont un cœur plus magnésien que la périphérie (Fo 71 à 80) (microanalyses, annexe 15).

Les pyroxènes, automorphes et fortement colorés, sont zonés. Le cœur est plus souvent un diopside (analyses, annexe 11).

La périphérie est un diopside moins riche en Si et Mg, plus riche en Ti, Al et Fe. L'augmentation en Ca reste légère.

— *Les microlites* : les plagioclases (An 95 à 50), rares, sont en microlites ou en plages xénomorphes. Au Puy Forestier le plagioclase (andésine) a cristallisé autour de grands cristaux pœcilitiques et de leucite.

La cristallisation de rhönite (Magonthier, 1974), particulièrement abondante ici, a pu appauvrir le magma en Ca (et en Al), en permettant ensuite la cristallisation d'un plagioclase plus sodique qu'habituellement.

Le feldspathoïde est la leucite (analyses, annexe 12), le plus souvent en fond pœcilitique mais aussi en cristaux automorphes riches en inclusions (puys de Prodelles et de Charlus). La néphéline n'est qu'en traces (Magonthier, 1974, p. 25).

Les cristaux de rhönite peuvent atteindre 200 μ au Puy de Frousty (analyses, annexe 13).

Les oxydes sont des titanomagnétites.

De rares phlogopites et des aiguilles d'apatite accompagnent les feldspathoïdes.

De l'analcime est signalée, en petite quantité.

— *Les minéraux hydrothermaux* : ce sont le plus souvent de la chlorophaëite et des carbonates, en filonnets ou en géodes. Les nodules de péridotite, rares, sont le plus souvent microscopiques.

- **Chimie** (analyses et normes, annexe 14)

Dans ces roches, l'apparition de la leucite rend compte du caractère fortement potassique et de la pauvreté en SiO_2 .

Toutes ces roches ont plus de 10 % de leucite normative, leur teneur en néphéline normative étant du même ordre de grandeur. La teneur en Ca est, aussi, élevée.

- **Géochronologie**

Le Puy Charlus a environ 10 Ma, les Puys l'Abbé et de Prodelles ont entre 7,3 et 6,9 Ma (Bellon et Gibert, non publié).

Basaltes miocènes du Cantal

v. **A^β. Basaltes des plateaux d'âge pontien.** L'épisode effusif du Pontien (8 à 5 Ma) est désormais rattaché au Pliocène inférieur (Foucault et Raoult, 1984) et non plus au Miocène terminal.

Les grands épanchements de basanites à néphéline des planèzes ont été précédés de venues infraplanéziennes ponctuelles ou en courtes coulées, venues dont la chimie est intermédiaire entre celle, typiquement cantalienne, des planèzes précitées et celle des basanites à leucite et rhônite proches du Sillon Houiller. Ces basanites potassiques (mais sans leucite normative) affleurent surtout à la périphérie du massif (Arches, le Monteil-Aymons, Laviaille, Chambres,...) mais elles doivent exister sur l'ensemble du Cantal car les basanites à leucite sont signalées sur la planèze de Saint-Flour (A. de Gôer de Hervé, 1976) et sous la planèze de Trizac (de 4,0 à 5,94 Ma selon les auteurs : Bellon, 1971 ; Baubron et Cantagrel, 1981). Plus tard, des laves de même type sont en intrusions dans le cœur du massif et en tête de planèze (Puy Violent, Limon).

A Arches, la première coulée présente une vraie et une fausse colonnade. Elle renferme des olivines de quelques millimètres et des xénolites de socle. Son originalité tient à sa richesse en inclusions fluides de grande taille, ouvertes au choc du marteau (basalte qui « pleure »). Il n'y a pas de zéolites mais les surfaces sont partiellement enduites d'incrustations circulaires de dolomite et de dendrites de pyrolusite.

La deuxième coulée, plus épaisse, a un débit en fausse colonnade.

Il paraît possible, compte tenu de leur position topographique, de rattacher aux basaltes infraplanéziens quelques lambeaux de coulées, isolés sur le socle, au Brieu et dans la vallée du ruisseau de Cussac.

Tous ces basaltes sont sombres, à casure conchoïdale. La structure est peu porphyrique microlitique, le verre étant souvent présent.

Ce ne sont pas des ankaramites mais des mélabasaltes.

• **Minéralogie.**

—Les *phénocristaux*, peu nombreux, sont le plus souvent des olivines. Les phéno-olivines sont zonées, avec diminution de la teneur Fo du cœur vers la périphérie de 83 à 78 (analyses, annexe 15).

—La *mésostase* comprend des salites, largement dominantes, en prismes trapus violacés. Les plus grands de ces microcristaux sont zonés avec un cœur plus riche en Si et Mg que la périphérie, mais plus pauvre en Ti, Al, Fe (analyses, annexe 16).

Les plagioclases sont en microlites peu abondants les plus grands sont zonés, avec un cœur de labrador An 46 évoluant vers une andésine An 64 à la périphérie (analyses, annexe 17).

Les feldspaths alcalins existent parfois en microlites automorphes, dans les laves de Chablat et de Laviaille par exemple (planèze de Mauriac).

Les olivines sont rares en microcristaux.

Les titanomagnétites sont en cristaux équidimensionnels (analyses, annexe 15).

La phase interstitielle est abondante, composée, dans les laves holocristallines, de feldspaths alcalins moirés et de néphéline renfermant de fines aiguilles d'apatite et quelques cristaux d'oxydes opaques.

Dans d'autres roches, la phase interstitielle est un verre brun : paléolac d'Arches et neck de Pommier. Des exsolutions d'aiguilles opaques peuvent exister. Le verre de la lave de Pommier a une composition à la limite des K benmoreites sous-saturées et des phonolites miaskitiques (analyses et normes, annexe 18).

— Chlorophaeïte et carbonates sont parmi les *minéraux fumerolliens*.

• **Chimie** (analyses et normes, annexe 19)

Ce sont des basanites et basanitoïdes renfermant entre 3 et 10 % de néphéline normative.

$\sqrt{\beta} \pi - \sqrt{\beta} - ms\beta - m\mathbf{A}^\beta$. **L'épisode effusif du Miocène moyen: 15 à 11 Ma. Basaltes infrabréchiques.** Dans cette région, les premières manifestations volcaniques surviennent au Miocène moyen. Comme sur la feuille Pleaux, plus au Sud, les points d'émission sont rares comparés à ceux de la région NNW du Cantal (feuille Riom-ès-Montagne). Seul le volcan de Junsac, point de sortie des basaltes de la cascade de Salins, est connu. Les autres centres sont masqués sous les téphra du strato-volcan cantalien. Ces premières coulées fossilisent des paléovallées et reposent donc soit directement sur le socle cristallophyllien, soit, plus souvent, sur les sédiments oligo-miocènes. Elles n'affleurent qu'à la faveur de l'érosion sur les flancs ou dans le fond des vallées principales.

Ce sont des coulées ou des empilements de coulées de 10 à 30 m d'épaisseur, formées d'une roche sombre à cassure esquilleuse quand elle est saine. Le plus fréquemment la roche est altérée et, plus claire, elle se débite en boules ou en billes. Des granules verdâtres de carbonates sont souvent visibles en remplissage des petites géodes. Certaines de ces coulées (Salins, Méallet) sont riches en *nodules pluricentimétriques de péridotites* accompagnés d'enclaves du socle cristallophyllien ($\sqrt{\beta} \pi$).

La structure en est porphyrique microlitique ($ms\beta$ et $m\mathbf{A}^\beta$) à hyaloporphyrrique ($\sqrt{\beta} \pi$).

Les phénocristaux d'olivine sont abondants (7,5 à 20,3 %), parfois iddingsitisés mais rarement sains ; ils sont souvent carbonatisés. Les augites titani-fères, plus rares (5,3 % au plus), présentent fréquemment la structure en sablier.

Dans la pâte :

—les microlites de labrador sont abondants (30 à 40 %). Dans le basalte d'Auzers et dans celui de Salins les feldspaths potassiques se présentent plus tôt en grandes plages pœcilitiques ou en filonnets diffus ;

- les petits cristaux pyroxéniques (22 à 37 %), à structure en sablier (pour les coulées de Salins : analyses, annexe 20) ;
- l'olivine plus rare (moins de 3,4%) ;
- les minéraux opaques en proportions à peu près constantes (5 à 10 %) ;
- le verre (3 à 4 %) ;
- l'analcime est souvent présente.

L'indice de coloration (*), de 58 à 67,4%, place ces roches parmi les méla-basaltes (analyses, annexe 20). Ce sont des basanites sodiques à néphéline (Salins) ou des basanites potassiques sans leucite normative à Bournioux où le rapport K_2O/Na_2O est supérieur à 1. Dans la vallée du Marilhou, les coulées d'Auzers et du Puy de Terre ont un rapport K_2O/Na_2O plus faible.

Dans la coulée des Aldières (vallée du Mars) apparaît du quartz normatif mais l'enrichissement en SiO_2 est artificiel, probablement dû aux micro-enclaves de socle qui, visibles en lames minces, ne peuvent être totalement distraites des blocs analysés.

Certaines laves ont des analyses chimiques étonnantes. C'est le cas du paléolac de Chastel-Marlhac et du Puy de Saignes.

• **Le paléolac de Chastel-Marlhac.** Sur la faille orientale de l'effondrement de Saignes, le plateau circulaire de Chastel-Marlhac est la surface d'un paléolac. Dégagé par l'érosion, il est limité par d'abruptes falaises qui permettent une bonne observation de la prismaticion : les gros prismes verticaux de la partie haute sont, plus bas, relayés par une prismaticion fine divergente qui tend à devenir horizontale et alors perpendiculaire aux anciennes parois du lac.

Historique. La lave de Chastel a été étudiée pour la première fois par Y. Boisse de Black du Chouchet (1954). En 1967, J. Varet publie l'analyse chimique d'une basanite à néphéline, à structure trachy-doléritique. En 1974, M.C. Magonthier associe le basalte de Chastel aux laves du Sillon Houiller. La description proposée diffère des précédentes : la structure est porphyrique microlitique avec une quantité importante de verre. L'analyse chimique d'un échantillon prélevé à la surface du paléolac correspond cette fois à une néphéline à leucite.

Les deux descriptions sont correctes : au bas des falaises, la structure des laves est trachy-doléritique, alors que celles des parties superficielles du paléolac ont une structure le plus souvent porphyrique microlitique soit holocristalline, soit avec beaucoup de verre.

Dans le paléolac de Chastel, dont le volume apparent est de $0,13 \text{ km}^3$ environ, sont donc présentes les deux compositions chimiques presque extrêmes de l'ensemble des basaltes de l'Ouest du Cantal (basaltes sodiques à potentialités d'évolution vers la série saturée) et de ceux du Sillon Houiller (basaltes fortement potassiques et fortement sous-saturés) (analyses et normes, annexe 23).

Minéralogie. Dans une structure trachy-doléritique, les phénocristaux signalés sont de nombreuses augites, des olivines et des magnétites. Dans la

(*) Voir lexique.

pâte sont des baguettes plagioclastiques orientées, de moins nombreux microlites d'augite et de grains de magnétite. Il n'y a pas de verre.

Dans les laves porphyriques microlitiques avec ou sans verre, les phénocristaux sont principalement des olivines zonées et fragmentées : la teneur en Fo est, pour « Chastel-haut », de 76 à 88,5 % tandis que pour « Chastel-bas » elle passe de 72,0 au cœur à 61,1 % à la périphérie. Quelques phénopyroxènes sont aussi présents (analyses, annexe 21).

En surface du paléolac, les microcristaux sont surtout des clinopyroxènes (augites: analyses, annexe 21), des titanomagnétites, de rares olivines (Fo 76) et quelques microlites plagioclasiques An 35 à 52, le tout baignant dans un fond de feldspaths alcalins Or 25 à 33 ou de verre brun renfermant des apatites aciculaires.

En bas de falaise, dans les lames à structure trachy-doléritique, la composition est celle donnée pour les basaltes sodiques de même structure : les plagioclases, nombreux, en grandes lattes, sont des labradors-andésines (analyses, annexe 22). Les clinopyroxènes sont des augites (annexe 21). Les oxydes opaques, en cristaux équidimensionnels sont le plus souvent des titanomagnétites tandis que les ilménites sont plutôt en aiguilles. Les feldspaths alcalins (anorthoses Or23 à 33, annexe 22) sont en fond interstitiel.

• **Le volcan de Saignes.** Non loin du paléolac de Chastel, le basalte du volcan de Saignes a aussi une chimie complexe.

Le basalte prisme, anciennement exploité dans la carrière, au flanc Nord-Ouest du volcan, paraît homogène ; cependant en plusieurs zones le basalte a conservé les gaz magmatiques dans des vacuoles hermétiquement closes («basalte qui pleure»).

Cette lave est en filon (J. Varet, 1967) aux limites toutefois peu nettes, ainsi pensons-nous qu'il est synchrone de l'« encaissant ».

Aspect microscopique. La structure est porphyrique microlitique. Les phéno-olivines sont abondantes mais de dimensions modestes (peu de macro-olivines). Les phéno-augites, zonées, sont moins fréquentes.

La pâte est composée de clinopyroxènes très nombreux, de microlites plagioclasiques, de minéraux opaques, de quelques olivines. Tous ces minéraux, automorphes à subautomorphes, baignent dans un fond à feldspaths alcalins et feldspathoïdes (néphéline), renfermant aussi des apatites aciculaires. Certaines lames renferment du verre brun, à aiguilles de magnétite.

Des xénocristaux de quartz sont présents, avec leur auréole réactionnelle de verre blanc, d'apatite aciculaire et d'augites en aiguilles.

Chimie. J. Varet (1967) a publié une analyse du «basalte qui pleure» (n° 151) tandis que M.C. Magonthier (1974) en publie une du basalte qui constitue l'essentiel du front de taille (n° 152, annexe 23).

La première correspond à une basanite à leucite, très pauvre en silice. La seconde est celle d'une néphéline sans leucite, très riche en Na₂O.

β^f. Néphélinites. Elles appartiennent au cycle planézien. En légende, elles sont attribuées, par erreur, au Miocène.

Laves différenciées de la province du Cantal

Deux séries magmatiques ont été identifiées dans la province du strato-volcan cantalien ; Tune, dite saturée, conduit aux rhyolites, alors que l'autre, sous-saturée, a des phonolites pour termes les plus différenciés.

Laves sous-saturées ; les phonolites

Nous conservons ici l'appellation de « phonolite » bien que ces roches soient des K benmoréites (selon la nomenclature de Tilley et Muir, 1964 ; R.Maury, 1976).

Les dômes et les dômes-coulées phonolitiques sont l'une des originalités du secteur nord-est de la carte. Ils appartiennent à la série de pointements phonolitiques qui, du Puy Griou à Bort-les-Orgues, jalonnent une bande NW-SE.

Ceci correspond à une nouvelle phase tectonique au cours de laquelle s'ouvrent les fractures N 130°, permettant la montée aux points de rencontre avec les principales fractures N 20-30°, de laves différenciées à la faveur d'un long séjour dans des chambres intracrustales linéaires.

Leur mise en place, postérieure à celle du complexe bréchtique qu'elles recourent, est comprise en 7,6 et 5,8 Ma (Bellon *et al.*, 1972 ; Baubron *et al.*, 1977). Ces phonolites ont été étudiées par Varet (1967) et par Brousse et Rançon (1984). Deux types de phonolites sont présentes : les phonolites miaskitiques de Milhac, de Chastanat et de Ribes et la phonolite agpaïtique d'Auteroche.

Øv. **Phonolite agpaïtique** d'Auteroche (Varet, 1967 ; Brousse et Rançon, 1984). Dans les phonolites apoeutectiques, l'ordre de cristallisation est inverse : il y a cristallisation précoce de noséane et de feldspaths pour une cristallisation tardive de pyroxènes (aegyrine) et de mosandrite. A Auteroche, la sodalite renferme de nombreuses inclusions opaques au cœur alors que la périphérie est limpide ; les plus grands de ces phénocristaux ont un cœur dépourvu d'oxydes. Tous les minéraux opaques sont en inclusions dans les feldspathoïdes, il ne s'en trouve pas dans la pâte.

Le feldspath alcalin existe en première paragenèse mais constitue surtout l'essentiel de la pâte.

Les pyroxènes sont des aegyrines (analyses, annexe 24), en plages xénomorphes moulant les feldspaths, à pléochroïsme vert-jaune intense.

La mosandrite est en petits cristaux incolores xénomorphes. De l'anal-cime apparaît en fin de cristallisation, en liseré périgranulaire.

C'est une phonolite fortement agpaïtique (l'indice d'agpaïcité (*) est de 1,26) et subalcaline ($90 > R (*) > 80$) à très forte teneur en Na et faible teneur en fer (analyses, annexe 25).

La phonolite d'Auteroche, âgée de $5,8 \pm 0,3$ millions d'années, est la plus jeune des phonolites datées du Cantal.

(*) voir lexique.

φ **Phonolite miaskitique** (massifs de Ribes, Milhac et Chastanat ; J. Varet, 1967). Les phonolites de Milhac, de Chastanat et de Ribes sont verdâtres, sans patine d'altération nette. A Milhac, la coulée, émise depuis le dôme du Fort de Milhac, est découpée en larges prismes verticaux d'environ 3 m de diamètre, eux-mêmes subdivisés en lauzes qui fossilisent le flux lamellaire initial. Ce débit est particulièrement net sur la falaise nord de l'entablement.

L'ordre de cristallisation y est normal. Les phénocristaux sont :

- de rares hornblendes brunes à périphérie opacifiée ;
- des augites aegyriennes à structure en sablier ;
- des noséanes et des hauynes bleues à treillis de minéraux opaques ou sans inclusions ;
- parfois des feldspaths alcalins.

Les microlites sont des feldspaths et des pyroxènes automorphes. Dans la phase ultime est de la noséane.

Les minéraux accessoires, mais de première cristallisation, sont des zircons, sphènes et apatites.

Les enclaves n'y sont pas rares. Elles sont soit homogènes : cristaux de feldspathoïdes de grande dimension, soit ennalogènes : fragments souvent monominéraux de roches du socle cristallophyllien : quartz avec auréole réactionnelle pyroxénique et feldspathique (analyses, annexe 25).

Les analyses modales donnent les résultats suivants :

	Milhac dôme (8 analyses)	Milhac coulée (11 analyses)	Chastanat (4 analyses)
F (anorthose)	71,7	71,0	73,7
f (noséane)	13,6	12,9	12,7
augite			
aegyrienne	12,3	14,1	11,7
hornblende	0,1	—	0,6
magnétite	1,9	1,7	1,0
Zircon + sphène + apatite	0,4	0,3	0,3

l'Ouest de Moussages. Sous le village de Labro, en bordure de la route descendant dans la vallée du Mars, est aussi une coulée (et non une intrusion) qui serait sous les basaltes des planèzes. Les laves de la série saturée sont donc ici très peu représentées si on excepte les blocs dispersés dans les téphra.

B. Benmoréite potassique. Dans la vallée du mars, les intrusions (Lambert, 1969) sont de teinte gris clair à gris foncé. Le débit en lauzes, surtout net aux marges, est parallèle aux épontes du sill. La prismation, lorsqu'elle existe, est très frustre. La cassure de la roche est conchoïdale.

La structure est porphyrique trachytique. Les 14 à 30 % de phénocristaux, groupés ou épars, sont des andésines-labradors en grands cristaux (0,2 à 2 mm) fortement zonés (An 38-60) (9,5 à 23,6 %), quelques augites (moins de 1,4%) et de l'hypersthène An 65 (moins de 5%), en cristaux pouvant atteindre 2 mm mais ayant plus souvent de 100 à 200 microns. Les prismes en sont trapus et faiblement pléochroïques. La titanomagnétite (moins de 1 %), les hornblendes brunes basaltiques (moins de 5 %) en cristaux automorphes (jusqu'à 2 mm) à intense pléochroïsme brun rougeâtre à brun clair, souvent déstabilisées, complètent la population phénocristalline où la biotite manque. La pâte contient principalement de l'andésine (47 à 67 %) associée à des sanidines à contours plus ou moins nets, à extinction roulante. De l'augite (3 à 7 %), des minéraux opaques (3 à 5 %) et de l'apatite de petite taille, souvent en inclusions dans les plagioclases mais isolée aussi en prismes allongés sont à ajouter ainsi que du verre brun.

Dans la vallée du Marilhou, près du village de Celles, un dyke affleure sur quelques dizaines de mètres. La roche, gris clair à gris foncé, à cassure conchoïdale, est aphyrique.

La pâte en est extrêmement fine, à feldspaths dominants accompagnés de clinopyroxènes, d'oxydes et de rares hornblendes brunes. Des apatites aciculaires sont accessoires.

Analyses chimiques et normes, annexe 25.

Téphra, niveaux volcano-sédimentaires et sédimentaires interstratifiés

Les projections locales

^{sc} β . **Projections basaltiques stromboliennes.** Quelques appareils volcaniques conservent des projections stromboliennes.

• **Le Puyde Saignes.** A1 km au Nord-Est de Saignes, les restes d'un ancien volcan strombolien constituent une butte en forme de croissant dont la partie ouest est une lave basaltique (ancienne carrière) alors que la partie est est un tuf scoriacé, bien stratifié, renfermant quelques fragments de socle.

Deux necks qui percent au Sud-Ouest (dont celui de la chapelle du bourg de Saignes) semblent bien être des cheminées adventives. Des projections existeraient aussi à l'Est de la chapelle (Boisse de Black du Chouchet, 1954).

• **Le Puy de l'Hom.** Situé sur la plausible prolongation sud de la faille de Sauvât, le volcan du Puy de l'Hom a été signalé par Y. Boisse de Black du Chouchet (1964).

Des bombes basaltiques soriacées noires affleurent en bordure de la route conduisant de Méallet à l'Hom, au versant Sud-Ouest de la butte. C'est probablement ce volcan qui a émis la coulée de basalte miocène.

^{sc} β M. **Projection de maar.**

• **Le volcan de Junsac.** L'appareil volcanique de Junsac est en limite du bassin stampien de Salins, sur la faille du Moulin de Flore. Celle-ci a rejoué au Miocène terminal car elle décale la brèche de la téphrostratigraphie cantalienne.

Les projections et les coulées du volcan de Junsac reposent en partie sur les dépôts stampiens et sont, elles-mêmes, recouvertes par les brèches lahariques du strato-volcan cantalien.

Le cône strombolien et ses retombées. Dans la petite falaise bordant la route descendant au village de Junsac, les scories basaltiques, stratifiées, sont les projections d'un cône strombolien. Ce sont des fragments de basalte compact, riche en nodules de péridotite. Des bombes parfois fuselées ont souvent des péridotites en noyaux.

A ces projections de lave se mêlent aussi des fragments de métamorphites et des poches de sables argileux et de marnes stampiens. Le ciment cendré renferme de gros pyroclastes de pyroxènes. Secondairement, il a été traversé par des flux de carbonates.

L'importante masse de pyroclastites scoriacées, noires, bien soudées, mais non stratifiées, entrecoupées de coulées, sont regardées comme des retombées cratériques (observations à la faveur de travaux de rectification de la route D 922, Mauriac—Aurillac).

Au-delà du cône, les projections basaltiques recouvrent une aire s'étendant jusqu'à 2 km au Nord, et 0,5 km au Sud-Est (1/50 000 Pleaux). Retombées dans les marnes stampiennes, elles y sont, pour partie, emballées.

Le maar. Une importante dépression d'environ 300 m de diamètre a existé au niveau de l'actuelle cascade de Salins, immédiatement au Nord-Ouest du cône strombolien, dans le bassin stampien, à proximité de la faille du Moulin de Flore.

Cette dépression, fossilisée par les coulées venues du cône, ici épaisses de 40 à 50 m, peut correspondre à un cratère de maar en périphérie duquel serait né le volcan strombolien précité.

Les coulées du cône remplissant le maar. Dans ce maar sont deux venues successives :

—la coulée inférieure est difficile à discerner parmi les éboulis mais par endroits, en rive gauche, des prismes à peine déplacés, simplement basculés, attestent sa présence ;

—la coulée supérieure affleure particulièrement bien, avec sa vraie et sa fausse colonnade. Après avoir fini de combler le cratère de maar, elle s'est écoulée vers l'Est, donc à contre-sens du cours actuel de l'Auze et de son affluent, le ruisseau de Monzola, sur les dépôts stampiens.

- **Le volcan des Houpiières.** A l'Est de la faille du Moulin de Flore, la falaise au Nord-Ouest de Moussages, près du village de Celles, est une accumulation, non stratifiée, de bombes scoriacées soudées et aplaties. Leur cœur est très finement bulbeux tandis qu'à leur périphérie est une croûte vitreuse craquelée de quelques millimètres d'épaisseur. Il s'agit de retom bées chaudes (400-500 °C) dans de l'eau, où elles ont été trempées, issues d'un cône strombolien qui a pu s'installer dans le cratère d'un maar dont la morphologie n'a pas été conservée.

Ce volcan est postérieur aux sables miocènes sous-jacents mais antérieur à la brèche trachy-andésitique du Cantal.

- **Le Puy l'Abbé (ou Puy de Sauvât).** Trois cheminées basaltiques y existent, entourées de tufs palagonitiques soudés, stratifiés, avec bombes, scories et retombées aériennes fines de maar.

- **Le volcan de Brousse.** Le caractère volcanique de la butte située entre les villages de Brousse et de Chavagnac n'avait pas été signalé jusqu'ici. Longue de 400 m pour 250 m de large, la butte est entièrement constituée de pyroclastites de maar. Plusieurs explosions y sont enregistrées.

Les premiers dépôts de déferlantes basales recouvrent une strate pluridé-cimétrique de sable miocène, déformée en une succession d'antidunes. Faite principalement de scories basaltiques palagonitiques, la brèche sous-jacente renferme aussi des éclats de basalte « trempé », des poches de sables miocènes et de petits fragments de socle.

Les retombées aériennes de scories des premières explosions viennent ensuite. Elles sont parfaitement bien stratifiées mais elles n'affleurent qu'en panneaux basculés, repris, semble-t-il, par d'autres déferlantes basales.

La morphologie du maar n'est pas conservée.

Ce volcan se situe sur la faille de Tauves qui, au Nord de cette butte, est soulignée par une brèche cimentée de faille. Elle met en contact des mica-schistes avec l'ensemble leptyno-amphibolique.

Sept cents mètres plus au Sud, entre la butte de Brousse et le village du Monteil, l'affleurement, isolé sur les sables miocènes et le socle, de projections (type pépérites) à perles de scories et blocs basaltiques, est probablement à rattacher au volcan décrit. Les projections, soudées, ont une couleur blanche qui les fait macroscopiquement ressembler à des ponces. Seuls les gros blocs décimétriques de basalte massif ont encore un cœur grisâtre. Il peut s'agir d'un cas d'altération palagonitique particulièrement intense, aux dépens de projections encore chaudes (elles sont soudées) retombées en milieu aquatique. Plus au Sud, à 3,5 km de la butte, au-dessus des villages de Monteil—Douguèbre, sont encore deux pointements basaltiques, séparés par un ensellement de pyroclastites rappelant la déferlante basale de la butte de Brousse. S'il s'agit bien d'un reliquat du tuf-ring du maar de Brousse, celui-ci aurait eu 1 km de diamètre.

- **Le Puy de Prodelles,** sur la faille bordière ouest du Sillon Houiller, a con servé un croissant de pyroclastites essentiellement faites de blocs de basalte scoriacé de dimensions variées. Palagonitiques à la base, elles sont plus sombres et non palagonitiques au-dessus de la carrière. A ces scories mal unies par des cendres altérées sont mêlés :

- des clastes de granite de 5 à 10 cm et des cristaux isolés de quartz ;
- des fragments de dépôts houillers ;
- des poches décimétriques de sables miocènes.

L'ensemble bréchiq ue a été traversé par des fumerolles dont les trajets sont actuellement des traînées rouilles.

Les téphra décrits constituent une «déferlante basale» de maar, une déferlante qui a fait partie du mur du cratère secondairement occupé par un lac basaltique.

• **Le Puy de Montmejol.** A l'Est du Puy de Prodelles, le Puy de Montmejol est constitué uniquement de brèche non stratifiée identique à celle de Prodelles. Les comptes-rendus de travaux miniers faisant état de cette brèche en profondeur (Letourneur, 1953), nous considérons qu'il s'agit là d'un autre maar, d'environ 400 m de diamètre. L'inclinaison vers l'Ouest de son contact avec le Houiller permet cependant d'imaginer qu'existe en profondeur une connection avec la cheminée du Puy de Prodelles.

• **Le Puy de Frousty.** Dans le Sillon Houiller, ce puy est armé de deux petits necks coalescents en grande partie ennoyés dans leurs éboulis.

A la base de ce placage d'éboulis gisent quelques blocs (inférieurs au m) de projections palagonitiques. Elles sont autochtones, bien qu'aucun affleurement n'ait pu en être trouvé. Elles sont formées d'un agglomérat de perles infracentimétriques basaltiques, scoriacées, auxquelles sont mêlées des boules d'argiles miocènes rubéfiées.

L'ensemble bréchiq ue du strato-volcan cantalien

Le complexe bréchiq ue correspond aux phases d'activité paroxysmale du Cantal entre 9,5 et 7,5 Ma. Avec sa mise en place naît le strato-volcan cantalien. Émises au cœur du massif, les brèches se sont étendues très largement, atteignant presque le Sillon Houiller : les buttes-témoins de Montirat et de l'Hom sont à 35 km environ du centre du Cantal.

L'ensemble bréchiq ue constitue, en volume, l'essentiel du strato-volcan. Sur cette carte, sa puissance maximale est d'une centaine de mètres au-dessus de Colture (vallée du Mars). Cet ensemble de téphra est classiquement divisé en plusieurs unités parfois difficiles à distinguer ici :

- la brèche inférieure (*br1*)
 - la brèche ponceuse (*br-pc*)
 - un niveau volcano sédimentaire argileux (*vs*)
 - la brèche pyroclastique (*) trachy-andésitique (*br2*)
 - la brèche lahariq ue (*br3*)
- } complexe des brèches inférieures (1)

br1. Brèche polygénique épiciastique (brèche A). Ce sont des brèches polygniques épiciastiques (*), assez meubles, dont les affleurements ne sont pas limités par des falaises franches.

(1) indicé Tbr sur le 1/50000 Riom-ès-Montagne. (*) voir lexique.

Les blocs, de toutes tailles et non classés, sont essentiellement d'origine volcanique (basaltes dominants et trachy-andésites) mais il est possible d'y trouver aussi des fragments de socle (granité et gneiss) et des boules d'argiles stampiennes et miocènes, parfois thermométamorphisées.

Le ciment, jaune ocre à rouille, est argileux, à smectites généralement dominantes, plus rarement kaolinique.

Ces brèches sont probablement dues à un remaniement de nuées à blocs. Dans les vallées de Mars et du Marilhou, un important remaniement périglaciaire superficiel rend difficile la compréhension de cet ensemble bréchique.

br-pc. Brèche ponceuse remaniée. Au-dessus de la brèche *br1*, la brèche ponceuse remaniée est un niveau-repère de la stratigraphie des téphra. Peu étendue ici, elle affleure près du ruisseau de Milhac et près de Pommier où elle est recouverte par les basaltes miocènes des plateaux.

Épais d'un à quelques mètres, ce niveau, riche en fragments centimétriques de ponces blanches, provient du remaniement d'une importante nappe de ponces qui n'affleure pas dans les limites de cette carte.

Sous Milhac, la partie supérieure de cette brèche renferme des brindilles de bois flottés et des traces de feuilles de monocotylédone (*Bambusa ?*).

vs. **Argile volcano-sédimentaire** (volcano-sédimentaire intercalaire). La mise en place du complexe bréchique a été entrecoupée de périodes d'accalmies suffisamment longues pour que s'amorce le démantèlement du volcan. Il en résulte des terrains détritiques bruns essentiellement argileux, dans lesquels les smectites dominent, accompagnées de kaolinites et d'illites. A ces argiles est mêlé un sable fait de clastes de roches volcaniques et de minéraux usés : pyroxènes surtout mais aussi des quartz provenant du remaniement du socle.

Ces argiles, ici peu épaisses (moins d'un mètre), affleurent très mal et ne sont pas continues. Le plus souvent elles sont en boules métriques à plurimétriques, remaniées dans la brèche (sous Anglards-de-Salers, au Puy de l'Hom, à Méallet, au Sud de Auteroche : Lascombes, ...).

br2. Brèche trachy-andésitique pyroclastique (brèche B). La reprise de l'activité volcanique est localement soulignée par un dépôt de crystal-lapilli (*) riche en granules de trachy-andésites et en pyroclastes (*) de pyroxènes, d'amphiboles, de plagioclases, de magnétites et d'olivines.

Un bel affleurement existe près du village de Vareilles (versant sud du ruisseau de Moussages). Des panneaux déplacés existent aussi dans la vallée du Mars, à la sortie d'Anglards-de-Salers et près de Chanterelle. La brèche pyroclastique, monogénique, soudée, non stratifiée, s'est mise en place en plusieurs phases. Les différentes venues se sont succédées en un temps suffisamment court pour qu'aucune phase d'altération n'ait eu le temps de développer de sols à leurs dépens.

(*) voir lexique.

Cette brèche, produit de nuées ardentes et de nuées à blocs, s'étant mise en place à chaud, est soudée et souvent limitée à l'affleurement par des falaises franches de plusieurs dizaines de mètres. Elle est composée de blocs subanguleux de trachy-andésites, parfois scoriacés, de toute tailles (de quelques mm³ à plusieurs m³). Le ciment, clair, est composé de petits fragments de trachy-andésites, de pyroclastes de plagioclases et de biotites, de ponces et de fragments vitreux écrasés et soudés les uns aux autres.

Le ciment a subi quelques cristallisations lors de son refroidissement, tridymite et cristobalite tapissant les espaces libres. Une altération fumero-lienne a localement créé, aux dépens du verre et des feldspaths, une paragneuse argileuse avec allophane, métahalloysite et smectites. Les carbonates de néoformation sont fréquents.

En maints endroits, la brèche est si dure et si compacte qu'elle peut être confondue avec des intrusions trachy-andésitiques, mais tous les stades d'induration existent, les variations horizontales sont importantes.

A 1 km à l'Ouest d'Auzers, une falaise de brèche montre deux venues successives. La première venue est riche en troncs d'arbres couchés, carbonisés. Ce sont des gymnospermes, restes des grandes forêts qui devaient recouvrir le Cantal au Pliocène inférieur.

Dans les zones périphériques surtout cette brèche pyroclastique peut passer à une brèche trachy-andésitique épicyclastique non stratifiée (lahar épais) renfermant souvent des boules d'argiles brunes volcano-sédimentaires (Méallet, Lascombe près d'Auteroche).

Cette brèche épicyclastique, en position basse par rapport à la brèche pyroclastique est alors appelée brèche B₁, la brèche pyroclastique étant la brèche B₂. Très souvent, ici, la différence entre brèche B_x et B₂ n'est pas faite en raison d'un remaniement périglaciaire important qui nuit à la qualité des affleurements.

br3. Brèche laharique. Elle est appelée sur la feuille Riom-ès-Montagnes «complexe conglomératique supérieur».

Elle est habituellement constituée par un empilement de lahars séparés par des dépôts fins. Elle est donc stratifiée. Chaque couche (chaque lahar) est d'épaisseur plurimétrique et formée de blocs arrondis à subanguleux de roches volcaniques diverses. A l'intérieur d'une couche aucun classement n'est visible. Sur cette carte, la brèche br3 est très peu épaisse, constituée souvent d'un seul lahar peu épais.

A Mauriac, au lotissement de Trébiac, la base de la brèche est riche en empreintes de feuilles de monocotylédones (*Bambusa* ?) et en brindilles non épigénisées.

L. **Lignite.** Particularité : dans le lit du ruisseau de Couffîmègre (versant sud de la yallée du Mars) affleurent des lignites riches en débris de feuilles et en fragments de bois noirs non épigénisés (Lambert, 1969).

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

TECTONIQUE DES TERRAINS CRISTALLINS

Cisaillements.

Les phénomènes de cisaillement, qu'ils soient subhorizontaux ou verticaux, jouent un rôle particulièrement important dans la nature des roches à l'affleurement.

Depuis une vingtaine d'années, un contact anormal a été signalé pour la première fois dans la série de la moyenne Dordogne (Tempier, 1966). Ce contact anormal sépare gneiss et micaschistes de Marcillac-la-Croisille. Il avait été envisagé, dans un premier temps, un phénomène de chevauchement relativement tardif et d'ampleur limitée, faisant chevaucher un socle sur sa couverture (Tempier, 1976). Les études complémentaires entreprises ces dernières années ont entraîné une révision de ce schéma. En effet, si l'accident chevauchant a bien été confirmé, il a été étendu à toute la limite des gneiss-micaschistes. Son impact sur les roches est apparu comme extrêmement important puisqu'il entraîne une forte rétro-morphose des gneiss à biotite-sillimanite-feldspath potassique, marquée par le développement de muscovite secondaire.

D'autre part, apparaissent, dans la zone de contact, des mélanges tectoniques avec un développement abondant de venues quartzzeuses qui sont pliées, dessinant des charnières isolées. Des mesures de linéations d'étirement sur les plans C indiquent une direction de déplacement moyenne de N 110°.

La présence d'une rétro-morphose généralisée, à l'Est du Sillon *Houiller et de la faille de Saint-Sauves, des gneiss à biotite-sillimanite, ainsi que l'existence de plans C portant une linéation d'étirement orientée également grossièrement E-W, conduit à envisager le prolongement vers l'Est des gneiss de la moyenne Dordogne et l'existence d'un cisaillement profond subhorizontal dans cette région.

Au Sud du contact anormal, les micaschistes de la moyenne Dordogne présentent localement, outre une augmentation de métamorphisme, l'association S-C ainsi que 2 phases de cristallisation des feldspaths. Certains individus présentent un cœur albitique entouré d'une écorce oligoclasique, avec des orientations optiques différentes.

Les gneiss situés dans le Nord-Est de la feuille Mauriac (région de Saignes), proches de la lithologie des gneiss de Champs situés plus au Nord, présentent une rétro-morphose à muscovite. Comme pour le contact anormal de la Nouaille dans la moyenne Dordogne, il y a mélange tectonique, avec silicification plus ou moins forte. D'autre part, sur l'association S-C existe une linéation d'étirement orientée N 140°-130, et plongeant au NW.

L'existence de plis cisailés conduit à envisager, là encore, un cisaillement profond, peu pente, accompagné d'un déplacement des gneiss de Champs en direction du Sud-Est.

Un cisaillement, vertical cette fois, apparaît à l'Est de Mauriac, selon un couloir orienté grossièrement N 30°-N 40°. Visible dans les vallées du Mars et du Marilhou, il disparaît au Sud sous les formations volcaniques du Cantal et au Nord au-delà d'un accident cassant N 110° passant par la butte de Charlus. Il apparaît au sein d'un ensemble de gneiss à biotite-sillimanite-FK rétro-morphosés, alors qu'il est marqué essentiellement par un groupe leptyno-amphibolique fortement déformé et recristallisé. Son action sur les directions de foliation se fait sentir dans la vallée du Marilhou où le groupe leptyno-amphibolique, d'orientation N 60° à pendage NW de 45°, devient brusquement vertical avec une direction N 40°-N 30° particulièrement bien visible dans la vallée du Mars. Cet accident semble avoir fonctionné essentiellement en décrochement avec une linéation d'étirement subhorizontale contenue dans les plans verticaux de la foliation. Cette surface semble être complexe, comprenant à la fois S et C. Contrairement aux deux accidents précédents, il ne provoque pas de rétro-morphose nette des terrains affectés.

Le contact entre le groupe leptyno-amphibolique et les gneiss rétro-morphosés se traduit par une granulation de ces derniers et un effacement des phénomènes de rétro-morphose. La foliation des gneiss, d'abord sensiblement N-S, devient NE-SW à proximité du groupe leptyno-amphibolique. Cette réorientation, ainsi que la disparition de la rétro-morphose et la granulation, évoquent le rapport gneiss—groupe leptyno-amphibolique que l'on connaît sur la feuille La Tour-d'Auvergne, laissant supposer un chevauchement du groupe leptyno-amphibolique sur les gneiss rétro-morphosés dont le cisaillement serait alors antérieur. Malheureusement, le cisaillement vertical ne permet pas de voir les rapports exacts entre ces formations.

Tectonique souple.

• **Série de la moyenne Dordogne.** Les structures les plus visibles correspondent à des plis droits, ouverts, plurikilométriques, faiblement plongeant au N 160. La structure principale sur la feuille Mauriac est la synforme de Saint-Pantaléon. Correspondant à la phase 3 décrite dans de nombreuses régions du Massif central, elle est constituée par des plis post-métamorphes homoaxes à toutes les échelles.

Elle ploie le contact gneiss-micaschistes, conférant à celui-ci une disposition en auréole. Ce plissement, de direction grossièrement NNW-SSE, reprend des plissements de direction voisine mais dont les plans axiaux sont proches de l'horizontale, avec parfois développement d'une foliation plan axial. Cette phase, souvent à tendance isoclinal, paraît, dans la lentille d'orthogneiss de l'Aigle, être partiellement absorbée par des phénomènes d'anatexie qui lui sont contemporains, étant eux-mêmes plissés par cette phase que l'on peut considérer comme étant «P2». La phase «PI » reste hypothétique et la présence de charnières de quartz isolées, particulièrement abondantes dans la zone du chevauchement, peut avoir une tout autre signification que la trace de la phase « P1 ». Enfin, il faut noter la présence discrète, dans la région de Lapleau, de plis et d'ondulations d'orientation N 110 à plongement axial faible vers l'Ouest qui, tardifs par rapport aux autres phases, seraient à attribuer à la phase « P4 ».

- **A l'Est du Sillon Houiller**, les gneiss à biotite-sillimanite, rétomorphosés dans la région au Sud de Méallet, présentent de nombreux microplis dont la direction est généralement N-S avec des plans axiaux subhorizontaux (le plus souvent faiblement pentés à l'Est). Par contre, il n'a pas été possible de mettre en évidence de phase « P 3 », bien que quelques inversions locales de pendage laissent soupçonner sa présence discrète. De même, il ne semble pas exister de phase « P1 » de grande ampleur.

Dans les gneiss du Nord, apparentés lithologiquement aux gneiss de Champs pauvres en sillimanite, la majorité des plis est déversée ou couchée avec des directions axiales N 60, les plans axiaux pendant au NW. Fréquemment, ces plis sont cisailés, marquant des cisaillements profonds à déplacement NW-SE faisant chevaucher les gneiss de Champs sur les gneiss de type moyenne Dordogne. Il est à noter que la présence de linéations d'étirement sur les plans C des gneiss de type Champs, avec une direction N 140, confirme cette interprétation.

Tectonique cassante

- **A l'Ouest du Sillon Houiller**. Les grandes failles de la région se répartissent suivant trois directions principales et leurs conjuguées : N-S à N 20° ; N 40-50° ; N 140-160°.

Si les accidents peuvent apparaître sur des distances importantes (certains traversent pratiquement toute la feuille), ils n'apportent que peu de perturbations dans les ensembles géologiques. Une étude statistique des cassures sur l'ensemble de la série de la moyenne Dordogne montre que les directions N-S-N 20 et N 40-50 sont les plus fréquentes. Il y a une bonne concordance avec les alignements décelés sur photos aériennes.

- **A l'Est du Sillon Houiller**. Deux directions principales de cassures apparaissent, N 30 et N 110. Il convient de leur ajouter les directions N 130 et N-S, beaucoup plus discrètes. Les failles de direction N 30 semblent liées au système de cassures du Sillon Houiller et de la faille de Tauves—Saint-Sauves. La direction N 30, dans le détail, paraît être composite : à proximité du Sillon Houiller, les valeurs sont proches de N 20 alors que plus à l'Est, près de la faille de Tauves—Saint-Sauves, les valeurs sont de l'ordre de N 40°.

D'une manière générale, si l'on excepte les failles bordières du Sillon Houiller et la faille de Saint-Sauves proprement dite, l'essentiel des cassures ne produit guère de mylonites importantes. En particulier dans la série de la moyenne Dordogne (Ouest du Sillon Houiller), beaucoup de cassures ont fonctionné au moins partiellement en ouverture avec apparition de filons et amas de quartz laiteux.

TECTONIQUE DES TERRAINS PRIMAIRES

Rappelons que le Sillon Houiller est un élément de l'accident varisque suivi depuis la région de Rouen au Nord jusqu'aux Pyrénées au Sud (Lerouge *et al.*, 1987).

Après le dépôt des sédiments stéphaniens, une phase compressive à composante W → E dominante provoque le plissement du remplissage sédimentaire en même temps que le chevauchement de la bordure ouest (ici : granité d'Ussel et métamorphites de la moyenne Dordogne) sur le Houiller : dans le bassin de Champagnac, la faille bordière ouest du Sillon Houiller a actuellement un pendage de 70 °W.

La tectonique de détail est complexe : présence de synclinaux secondaires (Montgroux, Fanostre), d'anticlinaux (RN 122 à 500 m au Sud de Bassignac, Montgroux, Fanostre), de flexures. Au Sud de Mauriac (Coste-Mauve), ces terrains sont fréquemment redressés à la verticale.

De nombreuses failles d'importance très inégale hachent le sillon en compartiments progressivement décalés vers le Nord-Ouest.

TECTONIQUE DES TERRAINS TERTIAIRES

La tectonique cassante est probablement plus complexe qu'elle n'est transcrite sur la carte. Les mauvaises conditions d'affleurements, dues à la nature du remplissage, en rendent la lecture difficile d'autant que de nombreux glissements superficiels masquent les contacts.

Plusieurs sondages, réalisés par EDF permettent d'en avoir une connaissance. (fig.6)

OCCUPATION DU SOL

Des problèmes de stabilité des pentes se posent ou peuvent se poser :

- dans les terrains du Houiller riches en passées charbonneuses ou mal consolidés ;
- dans la brèche de faille limitant à l'Ouest le Sillon Houiller ;
- dans les sables miocènes lorsqu'ils sont épais ;
- dans les argiles et marnes oligocènes du bassin de Salins. Ces terrains sont inconstructibles, et de petites excavations peuvent même suffire pour entraîner des glissements de terrain superficiels car les loupes ne se développent guère en profondeur. Elles sont arrêtées par les niveaux calcaires un peu plus résistants.

Des éboulements sont à craindre au bas des falaises de brèches (vallée du Mars en amont de Pons, principalement).

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Les nappes

Dans l'ensemble des terrains volcaniques (coulées et téphra), l'infiltration de l'eau est arrêtée par de petits niveaux argileux volcano-sédimentaires qui permettent l'existence de petites nappes suspendues. La disposition

sub-horizontale des aquifères explique la très grande dispersion des sources (souvent diffuses) et leur faible débit.

Les sables argileux miocènes renferment, quand ils sont suffisamment épais, de petites nappes phréatiques.

Dans les argiles et les marnes oligocènes du bassin de Salins, de petits niveaux de calcaires tendres et des passées plus sableuses renferment de très petites nappes souvent captives.

Les nappes alluviales sont les seules susceptibles d'être intéressantes pour l'alimentation en eau des agglomérations. Les plus importantes de ces nappes sont celles du Mars en amont de Pons et surtout celles de la Sumène en amont de Bassignac, sans compter celles de la Dordogne.

Les sources minérales

Sept petites aires d'émergence d'eau minéralisée sont connues sur la surface couverte par la feuille, soit du Nord au Sud (Gibert, 1982) :

—la Jarrige (commune d'Ydes), rassemblant deux sources (Saint-Martin et Saint-Georges) qui émergeaient au fond d'un puits de 5 m de profondeur. Les griffons sont maintenant cachés par les ruines d'un petit établissement thermal ;

—les Mirandes (commune de Sauvat), où un maigre suintement est protégé par une petite construction de pierres, à quelques mètres au-dessus et sur le flanc droit du ruisseau du Mardaret ;

—Jalleyrac, la source émerge au fond d'un puits profond de quelques mètres, protégé par une petite construction voûtée ;

—les Bessonies (commune de Trizac), l'unique émergence est située à quelques mètres de la rive gauche du ruisseau du Marilhou ;

—le Pont-d'Auze (commune d'Ally), où les deux griffons, situés à quelques mètres l'un de l'autre, sont protégés par de petites constructions en pierres. Les deux sources sont situées à une dizaine de mètres de la rive gauche de l'Auze ;

—Chambre (commune de Drugeac) ; la petite émergence, connue historiquement, n'est plus marquée, actuellement, que par une zone marécageuse dans un pré, sur la rive droite du ruisseau de l'Auze ;

—sondage des communaux d'Apcher (commune de Drugeac) : récemment un sondage de recherche minière a provoqué l'émergence d'une source minéralisée, très gazeuse.

Une de ces aires (le Pont-d'Auze) est directement liée à la fracturation du Sillon Houiller (les Baraquettes et le Pont-d'Auze). L'aire de Chambre et le sondage d'Apcher sont situés sur une faille bordière du petit bassin d'effondrement à remplissage oligocène de Salins. Les autres aires, toutes situées à l'Est du Sillon Houiller, se localisent sur des failles parallèles à celui-ci : la Jarrige et Jalleyrac sur la bordure ouest, les Mirandes sur la bordure est du bassin d'effondrement miocène ; les Bessonies, les plus orientales, émergent au fond d'une vallée entaillant le volcanisme du Cantal.

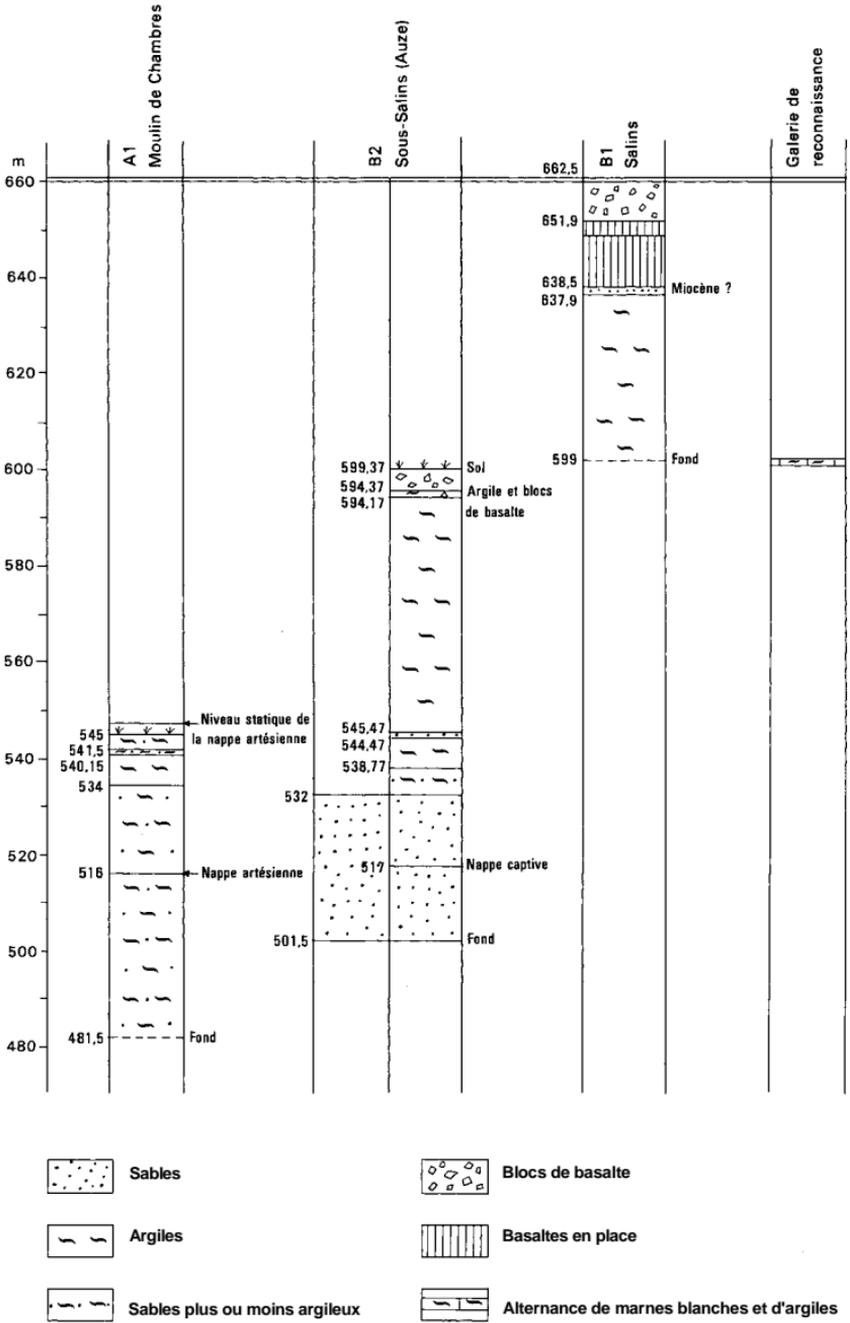


Fig. 6 - Sondages E.D.F. dans le bassin tertiaire de Salins

Les débits, difficilement mesurables étant données les conditions d'émergence, sont faibles (quelques litres par minute au maximum) : les températures à l'émergence, froides (entre 9 et 13 °C). Elles sont toutes accompagnées de dégagements gazeux.

Si la plupart de ces sources ont une chimie classique, essentiellement bicarbonatée sodique, la Jarrige et Jalleyrac sont tout à fait remarquables pour des sources émergeant dans le socle du Massif central français : les sulfates et chlorures y représentent la moitié des anions. Elles sont aussi caractérisées par une charge minérale très importante puisqu'elle atteint 20 g/l à la Jarrige.

Les données géothermométriques basées sur les géothermomètres Na/K et Na/K/Ca donnent les valeurs d'équilibre de 250 degrés pour le sondage d'Apcher, 150 degrés pour les sources du Pont-d'Auzer, 165 degrés pour les Bessonies et 100 degrés seulement pour Jalleyrac.

SUBSTANCES UTILES, RESSOURCES MINÉRALES

Matériaux meubles

Sables et graviers. Aucun gisement ne peut être exploité pour les bétons parce que les dépôts sont trop terreux (fluvio-glaciaires) ou trop argileux (sables miocènes). Seules de très petites exploitations artisanales existent près d'Arches dans les sables miocènes localement moins argileux.

A l'Ouest de Pommier, une arène micaschisteuse rubéfiée peut être utilisée localement en géotechnique routière (couches de forme) et, mélangée à des sables propres de rivière, peut aussi entrer dans la composition de mortiers à la chaux aérienne éteinte pour le bâtiment (C.A.E.B.) et pour la confection d'enduits ou de joints colorés.

Les *argiles marneuses* du bassin de Salins ne sont pas exploitables : toute excavation dans les versants remettrait en cause leur stabilité.

Les *alluvions* de la Dordogne, de bonne qualité, sont intensément exploités.

Matériaux pierreux

Calcaires. Les calcaires oligocènes sont en bancs trop peu épais pour pouvoir être rentablement exploités.

Sous Chabrignac, des lentilles de calcaire métamorphisé ont été exploitées comme pierre ornementale (marbre) et ont alimenté de modestes fours à chaux.

Roches volcaniques. De nombreuses carrières de basalte sont en cours d'exploitation pour l'empierrement : Arches, Puy de Prodèles, Veyrières, Pommier. Seule la carrière du Puy l'Abbé, à Sauvat, pourrait être considérée comme portant atteinte au paysage.

D'autres carrières sont aujourd'hui arrêtées : Puy de Saignes, Méallet, la Roche-de-Chambres, Chablat-sous-Chambres, Laroche au Nord de Mauriac, Boulan, Puy Saint-Mary à Mauriac.

La brèche a été autrefois utilisée comme pierre à bâtir, surtout pour les églises (Anglards de Salers...).

Les maisons sont plus souvent en basalte « tout venant ».

Les lauzes phonolitiques de la table de Milhac ont été utilisées en couverture.

Charbon

Les nombreux puits de mine du Sillon Houiller sont aujourd'hui fermés. Les principaux puits du bassin de Champagnac étaient, pour cette carte :

- le puits de la Madeleine de 435 m de profondeur ;
- le puits de Prodelles, 278 m de profondeur ;
- le puits de Fanostre ;
- le puits de Champleix à Vendes.

Minéralisations

De la *galène a.* été trouvée en limite d'exploitation de certaines couches de houille.

Un filon de *quartz*, à cristaux parfois centimétriques de pyrite, est coupé par la route nationale 122 (ancienne D 922) au-dessus de Pradel.

Pickéringite dans les carrières de gneiss, au pont de la D 678 sur le ruisseau de Piallevedel.

Les marnes du bassin de Salins renferment localement de beaux cristaux décimétriques de *gypse* lamellaire.

Dans l'inventaire minéralogique du Cantal (Pierrot, Picot et Périchaud, 1977), sont encore signalés d'après les données anciennes :

- à Crouzit-Haut, une galerie de reconnaissance, encore visible, pour la *galène*;
- au Sud de Mauriac, près du lieu-dit les Charbonnières, un indice de *pyrite* et peut-être un autre d'*antimoine*;
- près du Mas de Veyrières, un indice de *barytine*.

Le tableau 1 résume les principaux indices et gîtes minéraux recensés sur la feuille Mauriac.

TABLEAUX 1 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Pont de Saint-Projet	2.4001	Pyr	Pyrite Halotrichite	Disséminé	Schiste	Simple indice – Pas d'anomalie en prospection géochimique.
Champagnac-Nord	3.4001	Ba	Barytine	Filon	Granite	Petit affleurement de barytine autrefois signalé, mais qui n'a pu être localisé.
Montgrous	3.4002	U	Autunite	Stratiforme	Sable oligocène	Petit indice de type St Pierre-du-Cantal.
Champagnac-1	3.4003	Cha	Houille Grisou	Stratiforme	Grès, poudingue Stéphanien sup	Ancienne exploitation, puits, traçages, couches de 1 à 5 mètres, production : 7 millions de tonnes env.
La Fagotaire	3.4004	Pb, Sb	Quartz Galène Mispickel Chalcopyrite Freibergite Blende Bournonite Freieslebenite Pyrargyrite	Filon	Micaschiste	Recherche de 1929, encore visible, une tranchée et une galerie ont reconnue le filon.
Mas de Veyrières	3.4005	Ba	Barytine	Filon	Granite	Petits travaux de recherche.
Vendes	3.4006	Cha	Houille Bitume	Stratiforme	Schiste Grès	5 couches de 1 à 5 m de puissance. Une de ces couches est bitumineuse, ce qui a motivé la concession de 1872, mais il n'y a pas eu d'exploitation de bitume. Production, quelques dizaines de milliers de tonnes de charbon.

TABLEAU 1 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Champagnac	4.4001	Cha	Houille	Stratiforme	Grès Poudingue Schiste	Puits de Fanostre, de Lempre Bassin de Champagnac
Crouzit-Haut	6.4001	Pyr	Quartz Argile Pyrite	Filon	Gneiss	Au XVIII ^e galerie de 23 mètres. Actuellement on ne voit que quelques mouches de pyrite dans cette recherche.
La Charbonnière - Pb	6.4002	Pb	Quartz Galène	Filon	Leptynite au contact du Houiller	Entre 1867 et 1898 recherche par tranchées et peut-être galeries.
Bel-Air	6.4003	Pyr	Quartz Pyrite	Filon	Leptynite de l'Auze	Observation d'une petite structure à filonnets cm et petits cubes m.m. de pyrite.
Miremont	6.4004	Pb	Galène	Filon ?	Paragneiss	Une lettre de l'intendant du Limousin, du 07.10.1758, signale « quelques petits filons de mine dans le bois de Miremont ».
Peyralbes	6.4005	Pyr	Pyrite Calcite	Disseminé	Banc de cipolin dans les paragneiss	Simple observation.
Ostenac	6.4006	Pb	Quartz Galène	Filon	Micaschiste	Découvert en 1837, non retrouvé, cet indice se situe dans une zone à anomalie géochimique.
Pont de la République Bois de Corbeil	6.4007	Pb, Zn	Quartz Galène Blende	Filon	Micaschiste	Anciens travaux non localisés Prospection en cours, anomalies géochimiques.
La Charbonnière-Houille	6.4008	Cha	Houille	Stratiforme	Grès, schiste	Recherche de charbon au siècle dernier. Une galerie à flanc de coteau, 33 mètres.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

COUPES RÉSUMÉES DES SONDAGES

Des sondages ont été exécutés en aval de Salins lors d'un projet de barrage sur PAuze. Les coupes nous ont été aimablement communiquées par Monsieur Crosnier-Lecomte, alors qu'il était directeur des services géologiques de l'EDF (cf. fig. 6).

BIBLIOGRAPHIE

BASSET B. (1985). Les édifices volcaniques de la région de Bort-les-Orgues. Étude géomorphologique. Mém. maîtrise, U.E.R. Lettres et Sciences humaines, Limoges.

BAUBRON J.C., DEMANGE J., VARET J. (1977) - Ages K/Ar de quelques phonolites et trachytes du Centre et du Nord du massif du Cantal. Implications pétrogénétiques. 5^e réunion des Sc. de la Terre, Rennes.

BERNARD-GRIFFITHS J., TEMPIER P. (1977) - Intrusion silurienne du massif de métagranite porphyroïde de Tauves (M.C.F.) *C.R. Acad. Sci*, Paris, 284, D. p. 2199-21902.

BERTHELAY J.C. (1969) — L'absorption atomique. Dosage des éléments majeurs des roches ; application à la géochimie des roches métamorphiques. Thèse n°94, série E, 136 p., Clermont.

BOISSE de BLACK du CHOUCHE Y. (1951) - Les glaciations de l'Auvergne. Imp. Moderne, Aurillac, 135 p.

BOISSE de BLACK du CHOUCHE Y. (1954) - Observations nouvelles sur le Nord du Cantal. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n°241, t. 52, p. 172-205.

BOISSE de BLACK du CHOUCHE Y. (1958) - Extension et faciès de l'Oligocène aux environs de Mauriac et de Champagnac-les-Mines. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*

BOISSE de BLACK du CHOUCHE Y. (1964) - Observations complémentaires sur l'Ouest du Cantal. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n°277, t. 55, p. 61-75.

BOUGEART H. (1948) — Rapport géologique sur le bassin de Champagnac-les-Mines. Rapp. BRGM A 130 et 130 b.

BRASSENS A. (1952) — Note sur le gisement d'uranium dans les sables oligocène de St-Pierre-du-Cantal. *Bull. Soc. géol. Fr.*, n°4, p. 602-606.

BROUSSE R. (1963) — La phonolite de Compains et les phonolites néogènes de France. 88^e congrès des Soc. savantes, (II), 93-114.

BROUSSE R., RANÇON J. P. (1984) - Crystallization trends of pyroxènes from agpaïtic phonolites (Cantal, France). *Mineral. Mag.*, vol. 48, p. 39-45.

BRUET E. (1928) — Observation sur le grand sillon houiller entre Jaleyrac et Bort. *Bull. Soc. géol. Fr.*, p. 289-308.

CAILLAUX A. (1875) — Tableau général et description des mines métalliques.

CARRE J.L. (1979) — Les minéralisations uranifères des dépôts oligocènes de Saint-Pierre (Cantal, France) dans leur cadre géologique régional et local. Thèse 3^e cycle, Inst. nat. polytechnique Lorraine ; ENSPM, Nancy.

DEBRABANT P. (1970) — Typologie géochimique des calcaires. Application à l'étude de l'origine des calcaires métamorphiques des massifs hercyniens français. Thèse doct. Sciences, Lille, n°210, 2 vol. ronéo, 501 p. + annexes.

DEJOU J. (1960) — Anatexites à cordiérites de Neuvic d'Ussel (Corrèze). Station agronomique de Dijon, 33 p..

DESROUSSEAU J. (1958) - Bassins houillers et lignifères de la France. Imprimerie nationale, Paris.

EMBERGER A. *et al.* (1979) — Notice et carte des ressources minières du Massif central.

FREMION M. (1977) — Le chlore et le fluor dans quelques formations métamorphiques du Massif central français. Thèse 3^e cycle, Clermont, 69 p.

GIBERT J.P. (1982) — Les sources minérales liées au Sillon Houiller, sur la bordure nord-ouest du massif volcanique du Cantal et leur contexte structural et pétrographique. Rapport de fin d'études, action thématique programmée CNRS-INAG : « Transferts d'énergie thermique ». Contrat A.T.P 33-62.

GROLIER J. (1965) — Contribution à l'étude géologique des séries cristallophylliennes inverses du Massif central français. Thèse doct. Sc, 167 p., Clermont.

GROLIER J., LETOURNEUR J. (1968) - L'évolution tectonique du grand Sillon Houiller du Massif central français. Report of XXIII Intern. geol. Congress, vol. 1, 107-116.

HENOU B. (1973) — Les sources minérales et thermales du Cantal. Thèse 3^e cycle, Clermont-Ferrand, 134 p.

JUNG J. (1947) — Rapport géologique sur l'aménagement hydrologique de l'Auze. Document interne EDF.

JUNG J. (1954) — Les argiles à illite du bassin oligocène de Salins (Cantal). *Bull. Soc.fr. Miner. Crist.*, p. 12-31.

LAMBERT A. (1969) — Géologie de la moyenne vallée du Mars et des plateaux adjacents (Massif du Cantal). Thèse 3^e cycle, Paris-Sud, Orsay.

LE GARREC M. J. (1988)—Volcanologie aux limites nord et ouest de la province du Cantal : la transition Cantal—Cézallier et Cantal— Sillon Houiller, le volcanisme de PArtense. Thèse doct. État, Paris Sud-Orsay.

LETOURNEUR J. (1953) - Le grand Sillon Houiller du plateau central français. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 238.

MAGONTHIER M.C. (1974) - Les roches volcaniques du Sillon Houiller (Massif central français). Étude minéralogique de deux types de basanite à leucite. Thèse 3^e cycle, Paris VI.

MAGONTHIER M.C. (1975) - Les basanites à leucite tertiaires de la partie nord du Sillon Houiller (d'Herment à Pontaumur, Puy-de-Dôme). Comparaison avec deux autres provinces à caractère potassique du Massif central français (Sioule et Sillon Houiller Sud). *Bull. Soc. fr. Min. Crist.*, 98,245-253.

MAGONTHIER M.C, VELDE (1972) - Sur la présence de basanites riches en leucite parmi les roches volcaniques tertiaires du Sillon Houiller (Massif central français) et sur le caractère potassique du volcanisme de ce district. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 5, séance du 19juin 1972, p. 216-217.

MAGONTHIER M.C, VELDE D. (1976) - Mineralogy and petrology of some tertiary leucite-rhönite basanites from Central France. *Mineralogical Magazine*, décembre 1976, vol. 4, pp. 817-826.

MATHONNAT M. (1983) - La série métamorphique du Cézallier (M.C.F.). Thèse 3^e cycle, Clermont, n°746, 208 p.

MELOUX J. - Carte des gîtes minéraux de la France, 1/500 000, feuille Lyon.

MONOMAKHOFF C. (1947) - Service de géologie et du gisement, charbonnages de France : rapport de visite aux mines de Champagnac.

NIVET V. (1852) — Eaux minérales. *In* : Dictionnaire statistique du département du Cantal. Deribier du Châtelet, Picot, Aurillac, tome 1.

PERRAUD M. — Directeur d'exploitation des houillères du bassin d'Auvergne (1946). Rapport succinct sur les travaux à entreprendre à Champagnac (communiqué par les Charbonnages de France).

PIERROT R., PICOT P., PÉRICHAUD J. J. (1977) - Inventaire minéralogique de la France : Cantal. Éditions du BRGM.

PRIBILE S. (1959) - Le massif de la moyenne Dordogne. D.E.S. Clermont.

PRIBILE S. (1959) - Le Massif de la moyenne Dordogne. Dipl. Géol. Pétrog., fac. Sc. Clermont, ronéo, 50 p. + 1 carte H.T.

RAVIER J. (1949) - Les schistes cristallins de la Haute vallée de la Dordogne. D.E.S. univ. Clermont, 77 p. ronéo.

RICHARD J. (1957) — Contribution à l'étude géologique du bassin houiller de Champagnac. Les mines (Cantal). Rapport communiqué par les Charbonnages de France.

ROQUES M. (1941) — Les schistes cristallins de la partie sud-ouest du Massif central français. Thèse, Imprimerie nationale, Paris.

ROUX J. (1953) — Sur quelques volcans secondaires du complexe de la Haute Auvergne. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, n°3.

ROUX J. (1954) — Observations sur le volcanisme et le glaciaire de la région des Rhues (Haute Auvergne). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), III, p. 627-635.

ROUX J. (1963) — Quelques particularités de la partie nord-ouest du volcan cantalien, (région des Rhues et de la Sumène). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. 5, p. 239-240.

ROUX J. (1964) — Sur le parcours de la Dordogne en aval de Bort. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 256.

SUIRE J. (1979) - Étude géologique du Plateau de l'Artense (M.C.F.). Nouvelles données pétrographiques, géochimiques et structurales. Dipl. Géol. Pétrog., univ. Clermont II, 103 p., 2c H.T.

SUIRE J. (1982) — Signification du groupe leptynoamphibolique de l'Artense (M.C.F.). Thèse 3^e cycle, Clermont, II, 177 p. +3 pl. HT.

TEMPIER P. (1966) — Sur le métamorphisme de cipolins et de niveaux marneux dans la série cristallophyllienne de la Moyenne Dordogne (M.C.F.) *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 3, p. 118-119.

TEMPIER P. (1967) - Étude pétrographique et structurale de la Moyenne Dordogne (M.C.F.). *Ann. Fac. Sc. Clermont*, n°33, 311 p.

TEMPIER P. (1971) — Les schistes cristallins du Sud de la Moyenne Dordogne dans la région Pleaux-Laroquebron. Étude structurale. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XIII, n°3-4, p. 245-250.

TEMPIER P. (1972) — Un nouveau jalon métamorphique à plusieurs phases de plissement dans le Massif central français. Les schistes cristallins de la région de Bourg-Lastic. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 3, p. 17-18.

TEMPIER P. (1974) — Les schistes cristallins de la région de Bourg-Lastic (P. de D). Étude pétrographique et structurale. *Rev. Sc. nat. Auvergne*, vol. 40, p. 3-25.

TEMPIER P. (1976) — Présentation d'un nouveau schéma structural pour les schistes cristallins de la Moyenne Dordogne et de leur prolongement méridional (M.C.F.). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 282, D, p. 1481-1484.

TEMPIER P. (1977) — Nouvelle interprétation «des massifs embréchitiques» de St-Sauves et Tauves (M.C.F.). Relations avec les métamorphismes. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 284, D, p. 421-424.

TEMPIER P. (1978) — Les orthogneiss dans les zones centrale et méridionale du «noyau arverne». 103^e Cong. nat. Soc. sav., Nancy, Sc, fasc. IV, p. 67-78.

ER P., BAHINCHI Y., MATHONNAT M., NELY A., SUIRE J. (1982) - Sur la présence de chevauchements profonds dans le Massif central français. 107^e Cong. nat. Soc. sav., Brest, Sc, fasc. III, p. 271-280.

THONON P. (1967) - Contribution à la géologie du Cantal, la haute vallée du Marilhou : environs de Trizac et d'Auzers. D.E.S., université de Paris-Sud, Orsay.

TOURETTE M. (1967) - Étude géochronologique par la méthode au Sr de la série de la Moyenne Dordogne et de quelques migmatites de type Aubusson dans le Massif central français. Thèse 3^e cycle, Clermont, 53 p. + annexes.

VARET J. (1967) — Les trachytes et les phonolites du Cantal septentrional. Thèse 3^e cycle, université de Paris-Sud, Orsay.

VARET J. (1969) — Les pyroxènes des phonolites du Cantal (Auvergne, France). *N. Jb. Miner. Ml Jg*, 1969, H.4 (Stuttgart), p. 174-184.

VARET J. (1968) — Les phonolites agpaïtiques et miaskitiques du Cantal septentrional (Auvergne, France). *Bull. Vole*, t. 33, 2, p. 621-656.

VETTER P. (1971) — Le carbonifère supérieur et le permien du Massif central. *In symposium J. Jung : géologie géomorphologie et structure profonde du Massif central français*. Éd. Plein-Air Service, Clermont-Ferrand.

Carte géologique à 1 80 000^e

Feuille *Mauriac*.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

- La Banque de données du sous-sol du BRGM détient l'inventaire des sondages et autres travaux sous-terrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Ces documents peuvent être consultés :
- pour le département du Cantal, au Service géologique régional Auvergne, Campus universitaire des Cézeaud, 24, avenue des Landais, 63170 Aubière ;
 - pour le département de la Corrèze, au S.G.R. Limousin, 4, cours Bugeaud, 87000 Limoges ;
- ou encore au BRGM, Maison de la géologie, 77, rue Claude-Bernard, 75005 Paris.
- Archives d'Aurillac (mines et carrières).

AUTEURS DE LA NOTICE

- Robert BROUSSE, professeur à l'université de Paris-Sud, Orsay et Marie-Josèphe LE GARREC, maître de conférence à l'I.U.T. de Rennes : introduction, description des terrains primaires, tertiaires, volcaniques et volcano-sédimentaires, tectonique des terrains primaires et tertiaires, occupation du sol, ressources du sous-sol et exploitations, documentation complémentaire.
- Paul TEMPIER, professeur à l'université de Clermont-Ferrand : description des terrains métamorphiques et cristallins, tectonique des terrains cristallins.
- Yvette VEYRET-MEKDJIAN, professeur à la faculté des Lettres de Paris : formations quaternaires.

ANNEXES : ANALYSES CHIMIQUES ET MICROANALYSES

Annexe 1 : Analyses chimiques de roches métamorphiques et granitiques.

Réf.	1	2	3	4	5	6	7*	8
	A 3333	-	-	-	-	-	-	-
	Clermont							
SiO₂	= 51,30	58,30	57,40	55,10	63,35	57,20	74,98*	58,12
Al₂O₃	= 15,75	21,70	20,70	21,55	18,40	21,55	13,85	21,52
Fe₂O₃	= 3,85							
FeO	= 6,50	5,95	8,00	9,55	7,35	6,40	4,23	6,87
MgO	= 6,50	2,45	2,95	3,10	2,95	3,75	1,55	2,68
CaO	= 8,10	0,40	0,40	Traces	Traces	0,55	0,42	0,12
Na₂O	= 2,60	1,05	1,85	0,85	0,90	2,85	2,28	0,90
K₂O	= 0,20	7,05	5,90	6,75	4,65	5,00	3,03	5,43
TiO₂	= 1,20	-	-	-	-	-	-	-
P₂O₅	= 0,35	-	-	-	-	-	-	-
MnO	= 0,15	-	-	-	-	-	-	-
H₂O	= 0,90							
H₂O⁻	=	3,10	2,80	3,10	2,40	2,70	*	4,36
TOTAL	= 99,65	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		

1 - Amphibolite Pont de Spontour (Corrèze) ; 2, 3, 4, 5, 6 - Gneiss à 2 micas à l'Ouest du Sillon Houiller (faciès phylliteux) ; 7 - Gneiss à 2 micas à l'Ouest du Sillon Houiller (moyenne des faciès leptyniques) ; * SiO₂ et H₂O⁺ est donné globalement ; 8 - Moyenne des analyses chimiques de micaschistes à deux micas (faciès phylliteux) : 2 à 8 *in* J.C. Berthelay, 1969.

Annexe 1 (suite)

Réf.	9	10	11	12	13	14	15
		A 1087	An 3342	A 3341	A 3341	A 332	An 3331
SiO₂	= 77,00	68,50	70,10	70,20	65,80	74,55	75,65
Al₂O₃	= 11,80	18,30	13,70	14,50	15,90	14,05	13,25
Fe₂O₃	= 1,80	0,45	0,85	0,55	0,90	1,35	0,85
FeO	= 1,00	2,60	2,95	2,75	4,10	0,55	0,85
MgO	= 1,00	1,00	1,80	2,50	2,25	1,00	0,85
CaO	= 1,20	1,40	1,90	1,45	1,85	0,65	0,70
Na₂O	= 2,90	3,25	3,70	3,25	3,10	2,90	2,50
K₂O	= 4,10	3,70	3,30	2,80	4,10	3,55	4,30
TiO₂	= -	0,30	0,30	0,40	0,50	0,15	0,15
P₂O₅	= -	0,25	0,30	0,20	0,20	Tr	Tr
MnO	= -	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,15
H₂O⁺	= -	0,55	0,60	1,00	0,70	1,20	0,65
H₂O⁻	= -	0,25	0,15	0,10	0,10	0,10	0,00
TOTAL	=	100,65	99,70	99,75	99,55	100,20	99,90

9 : An. chimique calculée à partir d'une analyse modale de l'orthogneiss de l'Auze ; 10 : Orthogneiss Aigle, barrage Aigle ; 11 : Orthogneiss Aigle, route Mauriac-Tulle-embranchement de Doumis ; 12 : Orthogneiss St-Projet, Route Neuvic – Mauriac 1,7 km N, du pont de St-Projet ; 13 : Orthogneiss d'Aix, Route Lapeleau Chabannes. Carrière 200 m au N du Carrefour d'Aix ; 14 : Moyenne des analyses de l'orthogneiss de St-Alyre ; 15 à 22 : Migmatites leucocrates.

Réf.	16	17	18	19	20	21	22
	A 3335	A 3335	A 3336	A 3337	A 3338	A 3339	A 3330
SiO₂	= 71,70	74,85	73,30	74,70	75,50	71,55	73,65
Al₂O₃	= 14,50	12,85	13,45	13,75	12,65	15,55	14,40
Fe₂O₃	= 0,80	0,95	0,75	1,30	0,60	0,65	0,95
FeO	= 1,80	0,70	1,60	1,00	1,05	2,10	1,45
MgO	= 1,35	0,95	1,95	1,20	1,10	1,30	1,05
CaO	= 0,80	0,55	1,00	1,20	0,85	1,40	1,00
Na₂O	= 3,75	3,20	3,20	3,60	3,30	3,10	3,40
K₂O	= 3,30	3,55	3,50	3,20	3,60	3,55	3,35
TiO₂	= 0,20	0,15	0,20	0,15	0,10	0,30	0,20
P₂O₅	= 0,25	0,15	0,10	0,20	0,25	0,15	0,10
MnO	= 0,05	Tr	0,05	0,05	0,05	0,05	Tr
H₂O⁺	= 1,10	1,15	0,70	0,50	0,50	0,50	0,45
H₂O⁻	= 0,20	0,15	0,10	0,05	0,10	0,15	0,10
TOTAL	= 99,80	99,20	99,90	100,70	99,65	99,95	100,80

Annexe 1 (suite)

Réf.		23	24	25	26	27	28	29	30
		0166 in Debrabant 1970	in Dejou 1960	in Dejou 1960	A 1089	A 3345	A 3346		
SiO₂	=	14,18	71,91	72,50	59,70	68,85	50,40	70,49	71,30
Al₂O₃	=	5,50	16,59	14,90	22,75	17,10	20,55	14,83	à 76,10 12,60
Fe₂O₃	=	1,35	2,59	3,10	0,55	1,00	1,95	0,87	à 15,20 0,59
FeO	=	0,46			6,99	1,60	5,05	2,50	à 3,19 0,19
MgO	=	3,00	0,77	0,95	2,15	2,05	4,00	1,10	à 1,24 0,00
CaO	=	36,96	0,84	0,30	0,75	1,20	4,50	2,01	à 0,80 0,25
Na₂O	=	2,15	3,35	2,35	2,25	3,30	1,50	3,50	à 0,80 2,50
K₂O	=	1,55	2,25	3,10	3,10	3,55	4,55	3,56	à 4,10 3,90
TiO₂	=	0,37	0,24	0,30	0,70	0,30	1,20	0,48	à 5,50 Tr.
P₂O₅	=	0,29	0,20	0,10	0,20	0,25	0,55	—	à 0,40 N.D.
MnO	=	0,02	—	—	—	Tr	0,05	0,05	Tr. à 0,04
H₂O⁺	=		1,52	1,70	1,05	0,10	5,50	0,56	à 0,47 1,88
H₂O⁻	=	0,60	0,25	0,20	0,10	0,20	0,15	0,05	à 0,32 0,04
TOTAL	=	99,59	100,52	99,50	100,35	99,50	99,95	100,00	
CO₂	=	32,90	—	—	—	—	—	—	—

23 : Cipolin de Peyralbe, *in* Debrabant (1970) ; 24 et 25 : Migmatite à cordiérite de Neuvic *in* Dejou (1960) ; 26 : Migmatite à cordiérite, barrage de Neuvic ; 27 : Granite de Gratte-Bruyère, belvédère de Gratte-Bruyère ; 28 : Lamprophyre, route Tourniac—La Ferrière, 2,5 km N de Tourniac ; 29 : Moyenne des analyses chimiques de l'orthogneiss de St-Alyre (Cézallier) ; 30 : Fourchettes des valeurs pour l'orthogneiss de Tauves (*C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 284, D, 422-424).

Annexe 2 : Microanalyses d'oxydes opaques de basaltes sodiques.

	35	36	37	38	39	40	41
SiO₂	= 0,29	0,17	0,13	0,02	0,16	0,05	0,14
TiO₂	= 12,03	22,30	8,64	8,71	8,99	11,36	11,41
Al₂O₃	= 7,33	3,36	2,65	2,39	2,60	3,01	2,98
Fe₂O₃	= 29,93	23,37	52,25	51,14	49,21	46,79	47,37
FeO	= 34,81	46,96	31,26	31,35	32,01	31,22	32,44
MnO	= 0,33	0,70	0,68	0,85	0,77	0,75	0,63
MgO	= 5,70	2,95	5,29	4,77	4,24	6,59	6,17
CaO	= 0,21	0,39	0,12	0,22	0,21	0,26	0,17
Cr₂O₃	= 9,75	0,06	0,65	1,26	0,20	0,71	0,06
TOTAL	= 100,38	100,26	101,67	100,71	98,39	100,74	101,37

– Titanomagnétites :

- 35 et 36 : microlites du basalte 43 K (Le Monteil-Aymons).
- 37 à 41 : microlites du basalte du Puy St-Mary.

Formule structurale calculée pour 4 oxygènes :

Si	= 0,010	0,006	0,005	0,001	0,006	0,002	0,005
Ti	= 0,314	0,605	0,231	0,236	0,250	0,302	0,303
Al	= 0,300	0,143	0,111	0,102	0,113	0,126	0,124
Fe₃⁺	= 0,783	0,634	1,399	1,388	1,369	1,246	1,259
Fe₂⁺	= 1,012	1,416	0,930	0,946	0,990	0,924	0,958
Mn	= 0,010	0,021	0,020	0,026	0,024	0,022	0,019
Mg	= 0,295	0,159	0,281	0,257	0,234	0,348	0,325
Ca	= 0,008	0,015	0,005	0,009	0,008	0,010	0,006
Cr	= 0,268	0,002	0,018	0,036	0,006	0,020	0,002
TOTAL	= 3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
USVP	= 0,320	0,610	0,230	0,240	0,250	0,300	0,300

42				1			
SiO₂	= 0,03	42 : Ilménite en		SiO₂	= 0,09	1 : Spinnelle en	
TiO₂	= 56,36	exsolution dans la		TiO₂	= 2,65	inclusion dans une	
Al₂O₃	= 0,05	titanomagnétite 37		Al₂O₃	= 21,71	phéno-divine du	
Fe₂O₃	= 5,07	(basalte du Puy St-		Fe₂O₃	= 14,60	basalte 43 K (Le	
FeO	= 24,87	Mary).		FeO	= 18,80	Monteil-Aymons).	
MnO	= 0,91			MnO	= 0,37		
MgO	= 13,91			MgO	= 11,78		
CaO	= 0,10			CaO	= 0,03		
				Cr₂O₃	= 28,27		
TOTAL	= 101,30			TOTAL	= 98,31		

Formule structurale calculée pour 3 oxygènes et 2 cations :

Si	= 0,001
Ti	= 0,956
Al	= 0,001
Fe₃	= 0,086
Fe₂	= 0,469
Mn	= 0,017
Mg	= 0,468
Ca	= 0,002
TOTAL	= 2,000
HE	= 0,084
HE "	= 0,043

Formule structurale calculée pour 4 oxygènes :

Si	= 0,003
Ti	= 0,063
Al	= 0,811
Fe₃⁺	= 0,348
Fe₂⁺	= 0,498
Mn	= 0,010
Mg	= 0,557
Ca	= 0,001
Cr	= 0,708
TOTAL	= 3,000
USVP	= 0,060

Annexe 3 : Microanalyses d'olivines de basaltes alcalins sodiques.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO₂ =	40,33	39,51	36,16	38,09	41,12	41,21	40,67	40,99	41,26	40,95
TiO₂ =	0	0	0,10	0,12	0,02	0,13	0,07	0	0,04	0,11
FeO =	14,37	16,63	20,73	22,20	14,25	14,29	15,04	14,78	15,09	14,65
MnO =	0,11	0,19	0,25	0,40	0,57	0,48	0,30	0,30	0,53	0,63
MgO =	46,97	44,21	41,40	40,07	46,36	46,97	46,97	47,31	46,52	46,95
CaO =	0,18	0,38	0,45	0,56	0,36	0,28	0,18	0,26	0,24	0,21
NiO =	0,19	0,21	0,10	0,04	0,08	0	0	0,17	0,02	0
TOTAL =	102,15	101,13	99,19	101,48	102,76	103,36	103,23	103,81	103,70	103,50

Formule structurale calculée pour 4 oxygènes :

Si =	0,989	0,991	0,950	0,979	1,002	0,997	0,989	0,991	0,999	0,992
Ti =	0	0	0,002	0,002	0	0,002	0,001	0	0,001	0,002
Fe =	0,295	0,349	0,455	0,477	0,290	0,289	0,306	0,299	0,305	0,297
Mn =	0,002	0,004	0,006	0,009	0,012	0,010	0,006	0,006	0,011	0,013
Mg =	1,717	1,652	1,621	1,535	1,683	1,694	1,703	1,704	1,678	1,696
Ca =	0,005	0,010	0,013	0,015	0,009	0,007	0,005	0,007	0,006	0,005
Ni =	0,004	0,004	0,002	0,001	0,002	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000
TOTAL =	3,011	3,009	3,048	3,019	2,998	3,000	3,010	3,009	3,001	3,006
Forste =	85,25	82,41	77,86	75,96	84,79	85,00	84,51	84,83	84,14	84,55

- 43 K : basalte (Ne < 5%)

- 2 : cœur de phénocristal
- 3 : bord du même phénocristal
- 4 : extrême bord du même phénocristal
- 5 et 6 : microlites

- Puy St-Mary : basanite (5% < Ne < 10%)

- 7 : cœur de phénocristal
- 8 : bord du même phénocristal
- 9 } phénocristaux : cœur
- 10 } phénocristaux : cœur
- 11 } phénocristaux : cœur

- M-93 : néphéline du Monteil-Douguèbre : de 84,5 à 77,0 au cœur à 71,0 à la périphérie (Magonthier, 1974, p. 58)

Annexe 4 : Microanalyses de clinopyroxènes de basaltes sodiques de l'Ouest du Cantal : (planèze de Mauriac)

St-Mary

12 }
13 } microlites
14 }

Basalte sodique planézien
(région de Mauriac : 43 km)
Phénocristaux

15 : couronne de phénocristal

16 : périphérie de phénocristal

	12	13	14	15	16	24	25	26
SiO₂ =	50,55	46,40	49,36	50,81	48,09	48,75	48,16	47,91
TiO₂ =	2,02	3,86	1,98	1,89	3,19	2,65	2,33	2,25
Al₂O₃ =	3,83	7,21	4,59	3,50	6,17	3,81	4,03	4,47
Fe₂O₃ =	3,34	4,78	5,59	5,44	1,03	3,08	4,02	5,88
FeO =	3,31	3,78	2,01	2,05	6,19	6,47	5,74	3,76
MnO =	0,14	0,26	0,08	0,29	0,26	0,29	0,07	0,22
McO =	14,70	12,55	14,33	14,52	13,58	13,69	13,76	13,94
CaO =	22,71	22,00	22,75	22,38	21,17	21,23	21,28	21,77
Cr₂O₃ =	0	0,41	0	0	0,16	0	0	0
Na₂O =	0,76	0,94	0,87	1,20	0,56	0,50	0,45	0,56
TOTAL =	101,36	102,19	101,55	102,08	100,40	100,47	99,84	100,76

Formule structurale calculée pour 6 oxygènes :

Si =	1,843	1,700	1,801	1,842	1,780	1,817	1,805	1,778
Ti =	0,055	0,106	0,054	0,052	0,089	0,074	0,066	0,063
Al =	0,165	0,311	0,197	0,150	0,269	0,167	0,178	0,195
Fe₃⁺ =	0,092	0,132	0,153	0,148	0,029	0,086	0,113	0,164
Fe₂⁺ =	0,101	0,116	0,061	0,062	0,192	0,202	0,180	0,117
Mn =	0,004	0,008	0,002	0,009	0,008	0,009	0,002	0,007
Mg =	0,799	0,685	0,779	0,784	0,749	0,760	0,769	0,771
Ca =	0,887	0,863	0,889	0,869	0,839	0,848	0,854	0,865
Na =	0,054	0,067	0,062	0,084	0,040	0,036	0,033	0,040
Cr =		0,012			0,005			
TOTAL =	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
ALIV =	0,157	0,300	0,197	0,150	0,220	0,167	0,178	0,195
ALVI =	0,008	0,011	0,000	0,000	0,049	0,000	0,000	0,000

Pôles d'après R.G. Cawthorn et K.D. Collerson (1974)

ACMITE =	5,37	6,68	6,15	8,43	2,88	3,61	3,27	4,03
CAFETS =	1,90	3,25	4,59	3,20	0	2,51	4,04	6,19
CACRTS =	0	0,59	0	0	0,23	0	0	0
CATITS =	5,54	10,63	5,43	5,15	8,88	7,43	6,57	6,28
CA-TSC =	2,69	4,93	4,44	2,32	4,01	0,94	2,33	3,50
WOLLAS =	39,30	33,47	37,24	38,12	35,41	36,94	36,25	35,28
ENSTAT =	39,95	34,26	38,97	39,22	37,46	38,02	38,43	38,54
FE-SIL =	5,26	6,20	3,18	3,55	9,99	10,54	9,11	6,18
WOLLAS =	47,12	47,85	47,16	46,40	46,20	44,49	44,53	44,98
ENSTAT =	42,43	37,98	41,33	41,89	41,23	39,91	40,06	40,07
FE-SIL =	10,45	14,17	11,51	11,71	12,58	15,60	15,41	14,96

Annexe 5 : Microanalyses de feldspaths et de feldspathoïdes de basaltes sodiques de la planèze de Mauriac.

27 et 28 : 43 K - Le Monteil-Aymons.

29 à 34 : Puy St-Mary (carrière)

		← PLAGIOCLASES →							
		27	28	29	30	31	32	33	34
SiO₂	=	55,44	53,22	59,75	58,54	58,75	57,95	58,05	58,61
Al₂O₃	=	27,17	28,90	24,11	25,77	25,03	25,54	24,68	24,30
Fe₂O₃	=	0,87	01,22	0,54	0,96	0,93	0,90	1,10	0,88
CaO	=	9,48	12,42	5,66	8,26	7,47	7,46	7,25	6,82
Na₂O	=	5,75	4,48	7,88	6,53	6,60	7,12	7,19	7,32
K₂O	=	0,60	0,37	1,66	0,89	0,69	1,11	0,92	0,81
TOTAL	=	99,31	100,61	99,60	100,95	99,47	100,08	99,19	98,74

Formule structurale calculée pour 8 oxygènes :

SI	=	2,520	2,408	2,693	2,610	2,646	2,609	2,634	2,663
Al	=	1,455	1,541	1,281	1,354	1,328	1,355	1,320	1,301
Fe	=	0,030	0,042	0,018	0,032	0,032	0,030	0,038	0,030
Ca	=	0,462	0,602	0,273	0,394	0,360	0,360	0,352	0,332
Na	=	0,507	0,393	0,689	0,564	0,576	0,622	0,633	0,645
K	=	0,035	0,021	0,095	0,051	0,040	0,064	0,053	0,047
TOTAL	=	5,008	5,008	5,049	5,005	4,982	5,040	5,030	5,018
ANORTI	=	46,02	59,23	25,85	39,08	36,92	34,43	33,95	32,43
ALBITE	=	50,51	38,66	65,12	55,91	59,02	59,47	60,92	62,99
ORTHOS	=	3,47	2,10	9,03	5,01	4,06	6,10	5,13	4,59

Feldspaths alcalins : Puy St-Mary

	43	44	45
SiO₂	= 60,17	61,16	64,30
Al₂O₃	= 22,96	23,92	20,92
Fe₂O₃	= 0,80	0,81	0,80
CaO	= 5,40	5,36	2,26
Na₂O	= 6,11	6,57	6,22
K₂O	= 4,05	2,75	6,24
TOTAL	= 99,49	100,57	100,74

Néphélines

	46	47	48
SiO₂	= 47,60	45,97	43,44
Al₂O₃	= 31,96	32,80	33,74
Fe₂O₃	= 0,77	0,65	0
CaO	= 0,91	0,96	1,93
Na₂O	= 16,43	16,38	16,77
K₂O	= 3,00	3,44	4,35
TOTAL	= 100,67	100,20	100,23

Formule structurale calculée pour 8 oxygènes :

SI	=	2,733	2,728	2,875
Al	=	1,229	1,257	1,102
Fe	=	0,027	0,027	0,027
Ca	=	0,263	0,256	0,108
Na	=	0,538	0,568	0,539
K	=	0,235	0,156	0,356
TOTAL	=	5,025	4,992	5,008
ANORTI	=	25,38	26,12	10,79
ALBITE	=	51,96	57,93	53,74
ORTHOS	=	22,66	15,95	35,47

Formule structurale calculée pour 4 oxygènes :

SI	=	1,111	1,083	1,037
Al	=	0,879	0,911	0,949
Fe	=	0,014	0,012	0,000
Ca	=	0,023	0,024	0,049
Na	=	0,743	0,748	0,776
K	=	0,089	0,103	0,132
TOTAL	=	2,859	2,881	2,943
ANORTI	=	78,98	79,53	82,90
ALBITE	=	10,56	12,24	15,75
ORTHOS	=	10,46	8,23	1,34

46 et 47 : coulée miocène de Salins

48 : Puy de Montirat : moyenne de 13 analyses (Magonthier, 1974)

Annexe 6 : Analyses chimiques et normes de basaltes porphyroïques.

**Analyse fer non bloqué :
Pourcentages d'oxydes**

	49	50	51
SiO₂	= 51,00	45,00	46,10
TiO₂	= 2,63	2,81	2,82
Al₂O₃	= 15,50	13,00	14,20
Fe₂O₃	= 3,57	3,40	4,11
FeO	= 4,54	7,50	6,00
MnO	= 0,19	0,17	0,17
MgO	= 3,84	11,00	9,10
CaO	= 8,70	9,80	9,20
Na₂O	= 3,32	2,97	3,46
K₂O	= 2,04	1,41	1,86
P₂O₅	= 0,42	0,64	0,62
H₂O⁺	= 2,90	0,56	0,87
H₂O⁻	= 0	0	00,00
SOMME	= 98,65	98,26	98,51

**Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5 % :
Pourcentages d'oxydes**

	49	50	51
SiO₂	= 51,00	45,00	46,10
TiO₂	= 2,63	2,81	2,82
Al₂O₃	= 15,50	13,00	14,20
Fe₂O₃	= 1,50	1,50	1,50
FeO	= 6,40	9,21	8,35
MnO	= 0,19	0,17	0,17
MgO	= 3,84	11,00	9,10
CaO	= 8,70	9,80	9,20
Na₂O	= 3,32	2,97	3,46
K₂O	= 2,04	1,41	1,86
P₂O₅	= 0,42	0,64	0,62
H₂O⁺	= 3,11	0,75	1,13
H₂O⁻	= 0	0	0
SOMME	= 98,65	98,26	98,51

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

Ap	= 00,92	01,40	01,35
Ilm	= 05,00	05,34	05,36
Or	= 12,06	08,33	10,99
Ab	= 28,09	14,37	16,91
Ne	= 00,00	05,83	06,70
An	= 21,37	17,98	17,72
Mt	= 02,17	02,17	02,17
Di Ca	= 08,07	11,22	10,13
Di Mg	= 04,59	07,37	06,60
Di Fe	= 03,14	03,06	02,85
Hy Mg	= 04,97	00,00	00,00
Hy Fe	= 03,40	00,00	00,00
Fo	= 00,00	14,03	11,26
Fa	= 00,00	06,41	05,34
Qz	= 01,80	00,00	00,00
SOMME	= 95,58	97,52	97,38
D.I.	= 41,95	28,53	34,60

49 : vallée du Mars : Anglards de Salers

50 : vallée du Mars : Est de Boissières

51 : vallée de l'Auze, sous Chambon

Annexe 7 : Analyse chimique de hornblende de basalte porphyroïque

dyke de Couffinègre

% oxydes		% cations		Formule structurale base 24 (O, CH, F, Cl)		
SiO ₂	38,96	Si	36,81	Si	5,780	8
Al ₂ O ₃	15,64	Al	17,41	Al	2,220	
Al ₂ O ₃	12,21	Fe ³⁺	8,68	Al	0,509	5,2
FeO	1,76	Fe ²⁺	1,39	Ti	0,285	
MnO	0,04	Mn	0,03	Fe ³⁺	1,488	2,5
MgO	12,74	Mg	17,93	Fe ²⁺	0,089	
CaO	09,80	Ca	9,92	Mn	0,005	2,5
Na ₂ O	2,50	Na	4,58	Mg	2,836	
K ₂ O	1,16	K	1,40	Ca	1,557	2,5
TiO ₂	2,56	Ti	1,82	Na	0,718	
P ₂ O ₅	0,05	P	0,04	K	0,220	24
H ₂ O	1,62			(O, OH, F, Cl)		
H ₂ O ⁻	0,40					
Total	99,44					

Annexe 8 : Analyses chimiques et normes de basaltes sodiques à Ne > 10 %, sans leucite normative.

**Analyse fer non bloqué :
Pourcentages d'oxydes**

	Verlhac	Lav.	Le Mas
SiO ₂	= 42,20	45,42	42,56
TiO ₂	= 3,07	0,56	2,68
Al ₂ O ₃	= 12,30	15,54	11,99
Fe ₂ O ₃	= 5,80	7,64	4,37
FeO	= 6,20	4,27	7,48
MnO	= 0,18	0,07	0,22
MgO	= 9,90	7,00	10,37
CaO	= 10,60	11,37	10,71
Na ₂ O	= 3,14	3,81	3,98
K ₂ O	= 0,97	1,56	1,62
P ₂ O ₅	= 0,01	0,31	1,29
H ₂ O ⁺	= 2,98	2,48	2,81
H ₂ O ⁻	= 0	0,42	0,40
SOMME	= 97,35	100,45	100,48

**Analyse fer non bloqué
Pourcentages d'oxydes**

	52	53
SiO ₂	= 38,60	39,86
TiO ₂	= 3,25	1,26
Al ₂ O ₃	= 13,47	15,60
Fe ₂ O ₃	= 6,02	4,35
FeO	= 7,47	7,54
MnO	= 0,13	0,14
MgO	= 7,96	10,22
CaO	= 13,88	12,59
Na ₂ O	= 3,89	3,40
K ₂ O	= 1,41	1,41
P ₂ O ₅	= 0,27	0,31
H ₂ O ⁺	= 2,43	2,56
H ₂ O ⁻	= 0,60	0,75
SOMME	= 99,38	99,99

**Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5 % :
Pourcentages d'oxydes**

SiO ₂	= 42,20	45,42	42,56
TiO ₂	= 3,07	0,56	2,68
Al ₂ O ₃	= 12,30	15,54	11,99
Fe ₂ O ₃	= 1,50	1,50	1,50
FeO	= 10,07	9,80	10,06
MnO	= 0,18	0,07	0,22
MgO	= 9,90	7,00	10,37
CaO	= 10,60	11,37	10,71
Na ₂ O	= 3,14	3,81	3,98
K ₂ O	= 0,97	1,56	1,62
P ₂ O ₅	= 0,01	0,31	1,29
H ₂ O ⁺	= 3,41	3,09	3,10
H ₂ O ⁻	= 0	0,42	0,40
SOMME	= 97,35	100,45	100,48

**Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5 %
Pourcentages d'oxydes**

SiO ₂	= 38,60	39,86
TiO ₂	= 3,25	1,26
Al ₂ O ₃	= 13,47	15,60
Fe ₂ O ₃	= 1,50	1,50
FeO	= 11,54	10,10
MnO	= 0,13	0,14
MgO	= 7,96	10,22
CaO	= 13,88	12,59
Na ₂ O	= 3,89	3,40
K ₂ O	= 1,41	1,41
P ₂ O ₅	= 0,27	0,31
H ₂ O ⁺	= 2,88	2,84
H ₂ O ⁻	= 0,60	0,75
SOMME	= 99,38	99,99

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

Ap	= 0,02	0,68	2,82
Ilm	= 5,83	1,06	5,09
Or	= 5,73	9,22	9,57
Ab	= 7,33	7,18	4,49
Ne	= 10,42	13,57	15,81
An	= 16,60	20,69	10,07
Mt	= 2,17	2,17	2,17
DI Ca	= 15,00	14,15	14,81
DI Mg	= 9,35	7,21	9,21
DI Fe	= 4,76	6,61	4,73
Fo	= 10,73	7,17	11,64
Fa	= 6,00	7,23	6,57
SOMME	= 93,95	96,95	96,99
D.I.	= 23,48	29,98	29,88

Normes CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

Ap	= 0,59	0,68
Ilm	= 6,17	2,39
Ne	= 17,83	15,59
Le	= 6,53	6,53
An	= 15,13	23,14
Larn	= 7,56	5,19
Mt	= 2,17	2,17
DI Ca	= 11,57	8,66
DI Mg	= 6,37	5,11
DI Fe	= 4,78	3,12
Fo	= 9,43	14,25
Fa	= 7,77	9,56
SOMME	= 95,91	96,40
D.I.	= 31,93	27,31

- Verlhac : planèze de Mauriac : Verlhac
- Lav. : planèze de Trizac : Laveissière, cote 875 m P. Thonon, 1967. (analyse douteuse).
- Le Mas : pointement à l'Ouest du Sillon Houiller : le Puy du Mas (Magonthier, 1974).

- 52 : butte de Courdes (château)
- 53 : butte de Monteil-Douguèbre (Magonthier, 1974).

Annexe 9 : Analyses chimiques et normes de basaltes sodiques ayant moins de 5% de néphéline normative.

Analyse Fer non bloqué : pourcentages d'oxydes

	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
SiO₂	46,50	46,80	48,20	44,80	45,40	45,90	45,70	45,90	46,08	46,55	44,80	46,50	46,59
TiO₂	2,85	2,57	2,15	2,33	2,33	2,44	2,39	2,39	0,92	1,99	2,59	2,35	2,05
Al₂O₃	14,80	13,10	12,90	13,50	13,60	13,70	13,50	13,80	13,64	18,02	13,40	13,70	15,02
Fe₂O₃	5,60	2,69	3,44	1,50	5,20	4,20	3,61	4,72	9,36	3,24	1,50	1,50	1,50
FeO	5,80	8,20	6,90	9,13	5,90	6,50	7,40	6,40	3,02	9,28	9,14	9,58	9,82
MnO	0,14	0,16	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,06	0,39	0,17	0,16	0,15
MgO	6,20	9,90	7,50	10,60	10,20	10,50	10,30	10,00	10,25	2,24	9,70	10,40	7,98
CaO	9,00	9,70	9,10	10,00	10,00	10,20	10,00	9,70	8,47	8,96	9,90	9,90	11,87
Na₂O	2,78	2,62	2,98	2,20	2,18	2,43	2,57	2,51	2,95	3,52	2,83	3,12	2,45
K₂O	0,98	1,12	1,36	0,76	0,80	1,03	1,04	1,06	0,91	1,49	1,32	1,07	1,22
P₂O₅	0,50	0,47	0,39	0,50	0,50	0,54	0,54	0,54	0,23	0,11	0,60	0,51	0,26
H₂O*	3,64	0,98	4,11	0,37	2,39	1,23	1,16	1,83	2,72	2,46	2,20	0,28	0,96
H₂O⁻	0	0	0	0	0	0	0	0	1,08	1,00	0	0	0,61
SOM.	98,79	98,31	99,18	95,85	98,66	98,84	98,38	99,02	99,69	99,25	98,15	99,07	100,48

Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5% : pourcentages d'oxydes

	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
SiO₂	46,50	46,80	48,20	44,80	45,40	45,90	45,70	45,90	46,08	46,55	44,80	46,50	046,59
TiO₂	2,85	2,57	2,15	2,33	2,33	2,44	2,39	2,39	0,92	1,99	2,59	2,35	2,05
Al₂O₃	14,80	13,10	12,90	13,50	13,60	13,70	13,50	13,80	13,64	18,02	13,40	13,70	15,02
Fe₂O₃	,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	3,88	3,59	3,52
FeO	9,49	9,27	8,65	9,13	9,23	8,93	9,30	9,30	10,09	10,85	7,00	7,70	8,00
MnO	0,14	0,16	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,06	0,39	0,17	0,16	0,15
MgO	6,20	9,90	7,50	10,60	10,20	10,50	10,30	10,00	10,25	2,24	9,70	10,40	7,98
CaO	9,00	9,70	9,10	10,00	10,00	10,20	10,00	9,70	8,47	8,96	9,90	9,90	11,87
Na₂O	2,78	2,62	2,98	2,20	2,18	2,43	2,57	2,51	2,95	3,52	2,83	3,12	2,45
K₂O	0,98	1,12	1,36	0,76	0,80	1,03	1,04	1,06	0,91	1,49	1,32	1,07	1,22
P₂O₅	0,50	0,47	0,39	0,50	0,50	0,54	0,54	0,54	0,23	0,11	0,60	0,51	0,26
H₂O*	4,05	1,10	4,30	0,37	2,76	1,50	1,37	2,15	3,51	2,63	1,96	0,07	0,76
H₂O⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,08	1,00	0,00	0,00	0,61
SOM.	98,79	98,31	99,18	95,85	98,66	98,84	98,38	99,02	99,69	99,25	98,15	99,07	100,48

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5%

Ap	1,09	1,03	0,85	1,09	1,09	1,18	1,18	1,18	0,50	0,24	1,31	1,11	0,57
Ilm	5,41	4,88	4,08	4,43	4,43	4,63	4,54	4,54	1,75	3,78	4,92	4,46	3,89
Or	5,79	6,62	8,04	4,49	4,73	6,09	6,15	6,26	5,38	8,81	7,80	6,32	7,21
Ab	23,52	22,17	25,22	18,62	18,45	19,46	19,28	21,10	22,13	24,79	16,29	18,70	14,56
Ne	0	0	0	0	0	0,60	1,34	0,08	1,53	2,70	4,15	4,17	3,34
An	25,01	20,68	17,81	24,72	24,96	23,43	22,23	23,26	21,29	28,97	19,96	20,22	26,38
Mt	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
Di Ca	6,97	10,30	10,46	9,17	9,06	10,02	10,11	9,06	8,09	6,19	10,70	10,81	12,93
Di Mg	3,82	6,52	6,18	5,89	5,74	6,50	6,41	5,70	4,75	1,67	6,77	6,80	7,34
Di Fe	2,91	3,14	3,77	2,68	2,76	2,85	3,06	2,80	2,96	4,85	3,26	3,36	5,06
Hy Mg	6,50	0,66	3,83	1,68	3,60	0	0	0	0	0	0	0	0
Hy Fe	4,95	0,32	2,33	0,76	1,73	0	0	0	0	0	0	0	0
FO	3,59	12,24	6,08	13,20	11,26	13,77	13,48	13,46	14,56	2,74	12,18	13,39	8,79
FA	3,01	6,48	4,08	6,60	5,94	6,64	7,07	7,27	9,99	8,71	6,44	7,28	6,67
SOM.	94,76	97,22	94,89	95,49	95,91	97,35	97,02	96,87	95,11	95,63	95,96	98,80	98,92
D.I.	29,31	28,79	33,25	23,11	23,17	26,14	26,76	27,44	29,04	36,30	28,24	29,20	25,11

● Planèze de Mauriac : 55 - carrière désaffectée de la Roche-des-Chambres ; 56 - bordure de la route D 922 rectifiée, à l'Est de Mauriac ; 57 - La Salterrie ; 58 et 59 - Blandignac, au Nord de Crouzit-Haut ; 60 - Le Monteil-Aymons ; 61 - Crouzit-Haut ; 62 - Salsine.

● planèze de Trizac : 63 - cote 860 m (Thonon, 1967) ; 64 - Chavadières : butte-témoin (Magonthier, 1974) ; 65 - Carrière abandonnée de la Roche (NW de Mauriac) ; 66 - Inziagadou ; 67 - Vézac.

Annexe 10 : Analyses chimiques et normes de basaltes sodiques : basanites à néphéline (Ne 5 à 10 %).

Analyse fer non bloqué :
Pourcentages d'oxydes

	68	69	70	71
SiO₂ =	46,50	44,60	41,80	046,78
TiO₂ =	2,46	2,58	3,12	1,00
Al₂O₃ =	13,50	13,00	12,30	13,89
Fe₂O₃ =	4,17	3,54	6,00	7,69
FeO =	7,10	7,50	6,10	4,72
MnO =	0,17	0,19	0,19	0,07
MgO =	10,40	11,00	10,10	9,55
CaO =	10,00	9,90	10,70	9,74
Na₂O =	3,36	3,16	3,30	3,38
H₂O =	1,13	1,39	0,85	1,56
P₂O₅ =	0,54	0,65	1,00	0,24
H₂O⁺ =	0,20	0,51	3,19	1,70
H₂O⁻ =	0	0	0	0,64
SOM. =	99,53	98,02	98,65	100,96

Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5 % :
Pourcentages d'oxydes

	68	69	70	71
SiO₂ =	46,50	44,60	41,80	46,78
TiO₂ =	2,46	2,58	3,12	1,00
Al₂O₃ =	13,50	13,00	12,30	13,89
Fe₂O₃ =	1,50	1,50	1,50	1,50
FeO =	9,50	9,34	10,15	10,29
MnO =	0,17	0,19	0,19	0,07
MgO =	10,40	11,00	10,10	9,55
CaO =	10,00	9,90	10,70	9,74
Na₂O =	3,36	3,16	3,30	3,38
K₂O =	1,13	1,39	0,85	1,56
P₂O₅ =	0,54	0,65	1,00	0,24
H₂O⁺ =	0,47	0,71	3,64	2,32
H₂O⁻ =	0	0	0	0,64
SOM. =	99,53	98,02	98,65	100,96

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

Ap =	1,18	1,42	2,19	0,52
Ilm =	4,67	4,90	5,93	1,90
Or =	6,68	8,21	5,02	9,22
Ab =	17,54	12,42	10,26	13,76
Ne =	5,90	7,76	9,57	8,04
Le =	0	0	0	0
An =	18,42	17,18	16,24	18,12
Mt =	2,17	2,17	2,17	2,17
Di Ca =	11,70	11,74	12,93	12,02
Di Mg =	7,40	7,61	8,09	6,85
Di Fe =	3,57	3,34	4,06	4,66
Fo =	12,97	13,87	11,96	11,87
Fa =	6,88	6,69	6,60	8,87
SOM. =	99,07	97,31	95,02	98,01
D.I. =	30,12	28,39	24,85	31,02

68 : Puy St-Mary (Mauriac - carrière)

69 : Tilleul des Marmittes

70 : Chambres (carrière)

71 : Lacoste, cote 870 m (Thonon, 1967)

Annexe 11 : Microanalyses de pyroxènes de basaltes potassiques à leucite et à rhönite (Magonthier, 1974).

	Puy de Frousty				Puy l'Abbé			
	72	73	74	75	76	77	78	79
SiO₂	= 47,67	44,83	41,92	40,30	46,44	43,97	41,35	39,20
TiO₂	= 1,42	3,75	4,04	4,57	2,26	3,09	3,80	4,91
Al₂O₃	= 6,47	7,25	10,61	12,22	6,04	8,74	11,11	12,25
Fe₂O₃	= 5,16	5,66	6,10	8,57	5,69	7,20	7,95	8,76
FeO	= 0,20	2,02	1,84	0,89	1,51	1,43	1,24	0,92
MnO	= 0,11	0,14	0,15	0,14	0	0	0	0
MgO	= 14,87	12,97	11,30	10,87	13,95	12,31	11,26	10,88
CaO	= 22,97	23,37	23,13	22,69	23,44	23,34	23,18	23,06
Na₂O	= 0,44	0,38	0,43	0,61	0,25	0,45	0,40	0,31
TOTAL	= 99,31	100,37	99,52	100,86	99,58	100,53	100,30	100,29

Formule structurale calculée pour 6 oxygènes :

Si	= 1,763	1,670	1,579	1,505	1,733	1,637	1,550	1,476
Ti	= 0,039	0,105	0,114	0,128	0,063	0,087	0,107	0,139
Al	= 0,282	0,318	0,471	0,538	0,266	0,383	0,491	0,544
Fe₃⁺	= 0,144	0,159	0,173	0,241	0,160	0,202	0,224	0,248
Fe₂⁺	= 0,006	0,063	0,058	0,028	0,047	0,045	0,039	0,029
Mn	= 0,003	0,004	0,005	0,004	0	0	0	0
Mg	= 0,820	0,720	0,635	0,605	0,776	0,683	0,629	0,611
Ca	= 0,910	0,933	0,934	0,908	0,937	0,931	0,931	0,930
Na	= 0,032	0,027	0,031	0,044	0,018	0,032	0,029	0,023
TOTAL	= 4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Aliv	= 0,237	0,318	0,421	0,495	0,266	0,363	0,450	0,524
Aliv	= 0,046	0,000	0,050	0,042	0,000	0,021	0,041	0,020

Pôles d'après R.G. Cawthorn et K.D. Collerson (1974)

ACMITE	= 3,16	2,74	3,14	4,42	1,81	3,25	2,91	2,26
CAFETS	= 5,60	6,56	7,07	9,83	7,08	8,46	9,76	11,28
CAFITS	= 3,95	10,51	11,44	12,83	6,34	8,65	10,71	13,90
CA-TSC	= 10,15	5,41	12,11	14,05	6,94	10,52	13,83	13,28
WOLLAS	= 35,67	35,40	31,36	27,02	36,67	32,73	29,39	27,29
ENSTAT	= 40,99	36,01	31,73	30,24	38,79	34,16	31,45	30,54
FE-SIL	= 0,48	3,37	3,14	1,61	2,36	2,23	1,95	1,45
WOLLAS	= 48,33	49,64	51,75	50,83	48,81	50,04	51,05	51,17
ENSTAT	= 43,53	38,33	35,18	33,88	40,41	36,72	34,50	33,59
FE-SIL	= 8,13	12,03	13,07	15,29	10,78	13,24	14,44	15,24

Annexe 11 (suite) : Microanalyses de pyroxènes de basaltes à leucite et rhönite proche du Sillon Houiller (Magonthier, 1974).

Puy de Prodelles

	80	81	82	83	84	85
SiO₂	= 38,06	48,12	46,05	49,27	42,92	39,50
TiO₂	= 5,88	1,86	2,49	1,14	3,48	4,92
Al₂O₃	= 13,57	5,41	7,03	5,99	10,74	13,21
Fe₂O₃	= 8,86	4,82	6,06	3,21	6,09	7,46
FeO	= 1,60	2,09	1,84	1,46	1,98	2,22
MnO	= 0,10	0,13	0,16	0,12	0,19	0,15
MgO	= 9,85	14,37	13,13	15,14	11,40	10,05
CaO	= 22,96	23,30	23,42	22,86	23,10	22,90
Na₂O	= 0,46	0,33	0,41	0,45	0,51	0,44
TOTAL	= 101,34	100,43	100,59	99,64	100,41	100,85

Formule structurale calculée pour 6 oxygènes :

Si	= 1,426	1,776	1,707	1,810	1,600	1,480
Ti	= 0,166	0,052	0,069	0,031	0,098	0,139
Al	= 0,599	0,235	0,307	0,259	0,472	0,583
Fe₃⁺	= 0,250	0,134	0,169	0,089	0,171	0,210
Fe₂⁺	= 0,050	0,065	0,057	0,045	0,062	0,069
Mn	= 0,003	0,004	0,005	0,004	0,006	0,005
Mg	= 0,550	0,790	0,726	0,829	0,633	0,561
Ca	= 0,922	0,921	0,930	0,900	0,922	0,919
Na	= 0,033	0,024	0,029	0,032	0,037	0,032
TOTAL	= 4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Aliv	= 0,574	0,224	0,293	0,190	0,400	0,520
Alvi	= 0,026	0,011	0,014	0,070	0,071	0,064

Pôles d'après R.G. Cawthorn et K.D. Collerson (1974)

ACMITE	= 3,34	2,36	2,95	3,21	3,69	3,20
CAFETS	= 10,83	5,51	6,98	2,83	6,69	8,92
CATITS	= 16,57	5,16	6,94	3,15	9,75	13,87
CA-TSC	= 13,40	6,60	8,42	9,82	13,83	15,31
WOLLAS	= 25,70	37,42	35,34	37,10	30,98	26,93
ENSTAT	= 27,51	39,52	36,28	41,46	31,66	28,07
FE-SIL	= 2,66	3,43	3,10	2,44	3,39	3,71
WOLLAS	= 51,93	48,13	49,30	48,21	51,41	52,08
ENSTAT	= 30,99	41,29	38,45	44,42	35,30	31,80
FE-SIL	= 17,08	10,58	12,25	07,36	13,29	16,12

Annexe 12 : Microanalyses de leucites de basaltes potassiques proches du Sillon Houiller (Magonthier, 1974).

		x 18	x 11	x 16	x 6	x 7
		Puy	Puy de	Puy de	Puy de	Puy de
		Forestier	de Teldes	Lacollange	Prodelles	l'abbé
SiO₂	=	54,54	55,23	54,44	54,75	54,23
Al₂O₃	=	23,10	23,67	23,03	23,27	23,43
Fe₂O₃	=	1,00	0	0	0	0
CaO	=	0,40	0,48	0,35	0,35	0,51
Na₂O	=	0,52	0,65	0,52	0,56	0,36
K₂O	=	20,48	20,26	19,82	20,08	20,22
TOTAL	=	100,04	100,29	98,16	99,01	98,75

Formule structurale calculée pour 6 oxygènes :

Si	=	1,983	1,992	2,003	1,999	1,988
Al	=	0,990	1,006	0,998	1,001	1,012
Fe	=	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000
Ca	=	0,016	0,019	0,014	0,014	0,020
Na	=	0,037	0,045	0,037	0,040	0,026
K	=	0,950	0,932	0,930	0,935	0,946
TOTAL	=	4,002	3,994	3,982	3,988	3,991

x 18 : moyenne de 18 analyses pour tous les éléments, sauf Na₂O et K₂O pour lesquels ont été choisis les pourcentages les plus élevés.

Annexe 13 : Microanalyses de rhönite (Magonthier, 1974)

	Puy Forestier X = 13	Puy de Prodèles X = 12
SiO₂	23,50	24,82
Al₂O₃	17,82	18,77
TiO₂	9,46	8,71
Fe₂O₃	8,34	8,25
FeO	15,00	14,88
MnO	n.d	n.d
MgO	12,01	12,29
CaO	12,42	12,62
Na₂O	1,02	1,18
K₂O	n.d	n.d
H₂O⁺	n.d	n.d
TOTAL	99,57	101,52
FeO^x	22,50	22,32
Si	6,40	6,59
Al^{IV}	5,60	5,41
Al^{VI}	0,12	0,46
Ti	1,94	1,74
Fe₃⁺	1,71	1,65
Fe₂⁺	3,41	3,30
Mn	—	—
Mg	4,87	4,86
Ca	3,62	3,59
Na	0,54	0,60
K	—	—
x	4,16	4,19
y	12,05	12,01
z	12,00	12,00

Analyses chimiques de rhönites
Formules structurales calculées sur 40 oxygènes.
microphénocristaux, basanites à leucite.

X = 13 : moyenne de 13 analyses (microsonde).

FeO^x : FeT sous forme de FeO : 2/3 FeO - 1/3 transformé en Fe₂O₃.

Annexe 14 :

Analyses chimiques et normes de basaltes potassiques à leucite normative, à l'Est du Sillon Houiller.

**Analyse fer non bloqué :
Pourcentages d'oxydes**

	86	87	88
SiO₂ =	41,48	41,88	43,10
TiO₂ =	3,25	2,96	2,93
Al₂O₃ =	13,22	15,04	14,10
Fe₂O₃ =	4,17	4,93	4,73
FeO =	7,85	6,31	5,20
MnO =	0,15	0	0,16
MgO =	10,70	8,14	8,60
CaO =	11,17	13,42	12,20
Na₂O =	2,74	2,81	2,54
K₂O =	1,87	2,47	2,53
P₂O₅ =	0,18	0,25	0,40
H₂O⁺ =	2,86	1,38	1,37
H₂O⁻ =	0,48	0,28	0
SOM. =	100,12	99,87	97,86

**Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5 % :
Pourcentages d'oxydes**

	86	87	88
SiO₂ =	41,48	41,88	43,10
TiO₂ =	3,25	2,96	2,93
Al₂O₃ =	13,22	15,04	14,10
Fe₂O₃ =	1,50	1,50	1,50
FeO =	10,25	9,40	8,11
MnO =	0,15	0	0,16
MgO =	10,70	8,14	8,60
CaO =	11,17	13,42	12,20
Na₂O =	2,74	2,81	2,54
K₂O =	1,87	2,47	2,53
P₂O₅ =	0,18	0,25	0,40
H₂O⁺ =	3,13	1,72	1,69
H₂O⁻ =	0,48	0,28	0
SOM. =	100,12	99,87	97,86

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

Ap =	0,39	0,55	0,87
Ilm =	6,17	5,62	5,56
Or =	4,60	0	10,53
Ne =	12,56	12,88	11,64
Le =	5,06	11,45	3,47
An =	18,25	21,13	19,60
Larn =	0	2,65	0
Mt =	2,17	2,17	2,17
Di Ca =	15,07	14,79	16,10
Di Mg =	9,60	9,02	10,52
Di Fe =	4,52	4,96	4,48
Fo =	11,95	7,89	7,64
Fa =	6,18	4,77	3,58
SOM. =	96,52	97,88	96,18
D.I. =	22,22	26,98	25,64

Analyses chimiques et normes de basaltes potassiques à leucite normative à l'intérieur ou à l'ouest du Sillon Houiller.

**Analyse fer non bloqué :
Pourcentages d'oxydes**

	89	90	91	92	93
SiO₂ =	41,58	43,81	41,22	42,52	41,00
TiO₂ =	2,86	2,80	2,48	2,65	3,09
Al₂O₃ =	14,34	12,72	15,71	14,94	14,80
Fe₂O₃ =	5,34	4,75	2,45	5,53	5,34
FeO =	6,57	6,33	7,82	5,60	5,22
MnO =	0,16	0	0,13	0,16	0,12
MgO =	9,90	9,41	10,93	10,40	8,79
CaO =	12,66	12,98	12,00	12,33	13,01
Na₂O =	2,52	2,63	2,80	2,51	2,49
K₂O =	2,64	2,64	2,62	2,33	2,46
P₂O₅ =	0,41	0,34	0,40	0,38	0,36
H₂O⁺ =	0,92	0,97	0,153	0,64	1,32
H₂O⁻ =	0,52	0,27	0,19	0,30	0,62
SOM. =	100,42	99,65	100,28	100,29	98,62

**Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5 % :
Pourcentages d'oxydes**

	89	90	91	92	93
SiO₂ =	41,58	43,81	41,22	42,52	41,00
TiO₂ =	2,86	2,80	2,48	2,65	3,09
Al₂O₃ =	14,34	12,72	15,71	14,94	14,80
Fe₂O₃ =	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
FeO =	10,03	9,26	8,67	9,23	8,68
MnO =	0,16	0	0,13	0,16	0,12
MgO =	9,90	9,41	10,93	10,40	8,79
CaO =	12,66	12,98	12,00	12,33	13,01
Na₂O =	2,52	2,63	2,80	2,51	2,49
K₂O =	2,64	2,64	2,62	2,33	2,46
P₂O₅ =	0,41	0,34	0,40	0,38	0,36
H₂O⁺ =	1,30	1,29	1,63	1,04	1,70
H₂O⁻ =	0,52	0,27	0,19	0,30	0,62
SOM. =	100,42	99,65	100,28	100,29	98,62

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

Ap =	0,90	0,74	0,87	0,83	0,79
Ilm =	5,43	5,32	4,71	5,03	5,87
Ne =	11,55	12,06	12,83	11,51	11,41
Le =	12,23	10,13	12,14	10,80	11,40
An =	20,02	15,11	22,56	22,62	21,94
Larn =	2,94	0	3,54	0,33	2,13
Mt =	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
Di Ca =	12,89	19,74	09,68	14,72	14,03
Di Mg =	8,00	12,53	6,42	9,49	9,04
Di Fe =	4,14	5,97	2,56	4,27	4,06
Fo =	11,68	7,64	14,58	11,50	9,00
Fa =	6,65	4,00	6,40	5,69	4,45
SOM. =	98,61	98,10	98,47	98,96	96,31
D.I. =	26,73	24,87	28,52	22,63	24,94

86 - butte-témoin de Montirat (planèze de Trizac) ; 87 - Puy l'Abbé ; 88 - éclats du maar de Brousse ; - Dans le Sillon Houiller ou sur la faille bordière ouest : Analyses M.C. Magonthier, 1974 : 89 - Puy de Prodelles : sommet ; 90 - Puy de Prodelles : carrière ; 91 - Puy de Frousty ; 92 - Puy de Charlus ; 93 - Puy de Charlus

Annexe 15 : Microanalyses de phéno-olivines et d'oxydes opaques du basalte potassique sans leucite normative de Pommier (extrusion sud).

	100	101	102	103
SiO₂	= 40,33	40,17	39,96	39,30
TiO₂	= 0,06	0,08	0,03	0,10
FeO	= 16,04	18,00	17,49	20,56
MnO	= 0,33	0,35	0,27	0,29
MgO	= 45,14	43,37	44,69	40,81
CaO	= 0,23	0,28	0,30	0,49
NiO	= 0,04	0,10	0,07	0
TOTAL	= 102,17	102,35	102,81	101,55

Formule structurale calculée pour 4 oxygènes :

Si	= 0,996	0,999	0,988	0,998
Ti	= 0,001	0,001	0,001	0,002
Fe	= 0,331	0,374	0,362	0,437
Mn	= 0,007	0,007	0,006	0,006
Mg	= 1,661	1,608	1,647	1,544
Ca	= 0,006	0,007	0,008	0,013
Ni	= 0,001	0,002	0,001	0,000
TOTAL	= 3,003	2,999	3,012	3,000
FORSTE	= 83,090	80,810	81,770	77,720

Titanomagnétites

	116	117	118	119
SiO₂	= 0,23	1,09	0,19	0,12
TiO₂	= 19,35	18,60	20,70	16,40
Al₂O₃	= 5,78	5,89	4,80	6,94
Fe₂O₃	= 26,06	25,22	25,19	30,66
FeO	= 43,10	42,96	44,70	38,40
MnO	= 0,60	0,81	0,72	0,49
MgO	= 4,12	4,25	3,73	5,55
CaO	= 0,26	0,34	0,25	0,10
Cr₂O₃	= 0,49	0,49	0	0,96
TOTAL	= 99,98	99,65	100,28	99,62

Formule structurale calculée pour 4 oxygènes :

Si	= 0,008	0,039	0,007	0,004
Ti	= 0,516	0,495	0,555	0,433
Al	= 0,242	0,246	0,202	0,287
Fe₃⁺	= 0,696	0,672	0,675	0,811
Fe₂⁺	= 1,279	1,272	1,332	1,129
Mn	= 0,018	0,024	0,022	0,015
Mg	= 0,218	0,224	0,198	0,291
Ca	= 0,010	0,013	0,010	0,004
Cr	= 0,014	0,014	0,000	0,027
TOTAL	= 3,000	3,000	3,000	3,000
UVSP	= 0,52	0,52	0,56	0,44

Annexe 16 : Microanalyses de pyroxènes du basalte potassique sans leucite normative de Pommier (extrusion sud).

	104	105	106	107	108	109
SiO₂	= 47,73	45,34	49,12	47,96	47,66	43,45
TiO₂	= 2,65	3,53	2,33	3,10	2,64	4,09
Al₂O₃	= 5,39	6,70	5,16	5,64	4,66	8,37
Fe₂O₃	= 3,57	5,01	3,25	3,00	5,23	7,20
FeO	= 4,23	4,10	4,80	5,16	3,30	2,16
MnO	= 0,16	0,14	0,27	0,29	0,17	0,12
MgO	= 13,55	12,47	13,89	13,39	13,79	11,68
CaO	= 22,54	22,40	22,32	22,25	22,20	23,12
Cr₂O₃	= 0	0,04	0,09	0	0	0,01
Na₂O	= 0,44	0,48	0,52	0,50	0,62	0,63
TOTAL	= 100,26	100,21	101,75	101,29	100,28	100,82

Formule structurale calculée pour 6 oxygènes :

Si	= 1,774	1,699	1,797	1,768	1,773	1,623
Ti	= 0,074	0,099	0,064	0,086	0,074	0,115
Al	= 0,236	0,296	0,222	0,245	0,204	0,368
Fe₃⁺	= 0,100	0,141	0,089	0,083	0,147	0,202
Fe₂⁺	= 0,131	0,129	0,147	0,159	0,103	0,067
Mn	= 0,005	0,004	0,008	0,009	0,005	0,004
Mg	= 0,751	0,696	0,757	0,736	0,765	0,650
Ca	= 0,897	0,899	0,875	0,879	0,885	0,925
Cr	= 0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,000
Na	= 0,032	0,035	0,037	0,036	0,045	0,046
TOTAL	= 4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Aliv	= 0,226	0,296	0,203	0,232	0,204	0,368
Alvi	= 0,010	0	0,020	0,013	0	0

Pôles d'après R.G. Cawthorn et K.D. Collerson (1974)

ACMITE	= 03,17	03,49	03,69	03,57	04,47	04,56
CAFETS	= 03,40	05,32	02,62	02,38	05,09	07,83
CACRTS	= 00,00	00,06	00,13	00,00	00,00	00,01
CATITS	= 07,41	09,95	06,41	08,59	07,39	11,48
CA-TSC	= 04,40	04,85	04,71	03,66	02,83	06,93
WOLLAS	= 37,27	34,87	36,80	36,62	36,59	33,12
ENSTAT	= 37,53	34,82	37,87	36,78	38,23	32,50
FE-SIL	= 06,83	06,65	07,76	08,40	05,40	03,56
WOLLAS	= 47,63	48,09	46,61	47,10	46,47	50,04
ENSTAT	= 39,83	37,24	40,36	39,43	40,16	35,17
FE-SIL	= 12,54	14,67	13,03	13,47	13,37	14,79

104 et 106 : cœur de phénocristaux

105 et 107 : couronne de ces phénocristaux

108 et 109 : microlites

Annexe 17 : Microanalyse des plagioclases du basalte potassique de Pomier.

	110	111	112	113	114	115
SiO₂	= 52,02	56,66	53,22	51,90	52,62	52,30
Al₂O₃	= 29,63	27,37	29,08	29,59	29,42	29,63
Fe₂O₃	= 0,87	0,44	0,79	0,81	0,89	0,93
CaO	= 13,28	9,43	11,91	13,39	13,00	13,23
Na₂O	= 3,89	5,73	4,85	3,99	3,96	4,14
K₂O	= 0,37	0,70	0,56	0,40	0,36	0,43
TOTAL	= 100,06	100,33	100,41	100,08	100,25	100,66

Formule structurale calculée pour 8 oxygènes :

Si	= 2,369	2,542	2,411	2,366	2,388	2,371
Al	= 1,591	1,447	1,553	1,590	1,574	1,583
Fe	= 0,030	0,015	0,027	0,028	0,030	0,032
Ca	= 0,648	0,453	0,578	0,654	0,632	0,642
Na	= 0,344	0,498	0,426	0,353	0,348	0,364
K	= 0,021	0,040	0,032	0,023	0,021	0,025
TOTAL	= 5,003	4,996	5,028	5,013	4,994	5,016
ANORTI	= 63,97	45,70	55,78	63,50	63,12	62,31
ALBITE	= 33,91	50,26	41,10	34,24	34,80	35,28
ORTHOS	= 2,12	4,04	3,12	2,26	2,08	2,41

Annexe 18 : Microanalyses de verres du basalte potassique sans leucite normative de Pommier (extrusion sud).

Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5 % :
Pourcentages d'oxydes

	120	121	122	123
SiO₂	= 53,49	53,33	54,62	53,31
TiO₂	= 0,91	1,42	1,26	1,51
Al₂O₃	= 21,17	20,92	21,79	21,28
Fe₂O₃	= 1,50	1,50	1,50	1,50
FeO	= 4,01	4,68	4,01	4,55
MnO	= 0,20	0,26	0,12	0
MgO	= 1,36	1,40	1,27	1,25
CaO	= 2,00	1,77	1,69	1,82
Na₂O	= 5,70	5,89	7,58	8,08
K₂O	= 5,57	5,32	5,69	5,24
H₂O⁺	= 0,45	0,52	0,45	0,51
SOMME	= 96,36	97,01	99,98	99,05

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

	120	121	122	123
Ilm	= 1,73	2,70	2,39	2,87
Or	= 32,92	31,44	33,62	30,97
Ab	= 32,03	33,73	27,50	26,17
Ne	= 8,78	8,73	19,85	22,86
An	= 9,92	8,78	8,38	6,32
Cor	= 2,13	2,25	0,09	0
Mt	= 2,17	2,17	2,17	2,17
DI Ca	= 0	0	0	1,13
DI Mg	= 0	0	0	0,46
DI Fe	= 0	0	0	0,68
Fo	= 2,37	2,44	2,22	1,86
Fa	= 3,86	4,24	3,30	3,05
SOM.	= 95,91	96,49	99,53	98,54
D.I.	= 73,72	73,90	80,97	80,00

Annexe 19 : Analyses chimiques et normes de basaltes potassiques sans leucite normative : basanites à néphéline.

Analyse Fer non bloqué :
Pourcentages d'oxydes

	124	125	126	127	128	129	130
SiO₂	= 42,80	43,20	43,40	42,80	42,60	43,80	43,90
TiO₂	= 2,38	2,97	2,77	3,81	2,96	2,90	2,80
Al₂O₃	= 12,60	12,70	13,20	14,00	11,90	13,10	13,20
Fe₂O₃	= 3,69	3,89	7,30	6,00	4,27	5,20	4,52
FeO	= 7,00	7,60	4,45	6,00	7,30	6,40	7,00
MnO	= 0,34	0,18	0,18	0,19	0,20	0,18	0,18
MgO	= 6,30	10,30	10,20	7,30	11,20	9,80	10,10
CaO	= 12,00	10,90	10,00	11,00	10,60	10,10	10,10
Na₂O	= 2,65	2,74	2,94	2,58	2,53	2,30	2,65
K₂O	= 1,41	1,70	1,59	2,31	1,92	1,60	1,46
P₂O₅	= 0,34	0,18	0,76	0,68	0,78	0,75	0,70
H₂O⁺	= 6,50	1,21	2,08	2,05	1,91	2,09	1,77
SOMME	= 98,01	97,57	98,87	98,72	98,17	98,22	98,38

Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5 %
Pourcentages d'Oxydes

SiO₂	= 42,80	43,20	43,40	42,80	42,60	43,80	43,90
TiO₂	= 2,38	2,97	2,77	3,81	2,96	2,90	2,80
Al₂O₃	= 12,60	12,70	13,20	14,00	11,90	13,10	13,20
Fe₂O₃	= 1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
FeO	= 8,97	9,75	9,67	10,05	9,79	9,73	9,72
MnO	= 0,34	0,18	0,18	0,19	0,20	0,18	0,18
MgO	= 6,30	10,30	10,20	7,30	11,20	9,80	10,10
CaO	= 12,00	10,90	10,00	11,00	10,60	10,10	10,10
Na₂O	= 2,65	2,74	2,94	2,58	2,53	2,30	2,65
K₂O	= 1,41	1,70	1,59	2,31	1,92	1,60	1,46
P₂O₅	= 0,34	0,18	0,76	0,68	0,78	0,75	0,70
H₂O⁺	= 6,72	1,45	2,66	2,50	2,19	2,46	2,07
SOMME	= 98,01	97,57	98,87	98,72	98,17	98,22	98,38

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

Ap	= 0,74	0,39	1,66	1,49	1,70	1,64	1,53
Ilm	= 4,52	5,64	5,26	7,24	5,62	5,51	5,32
Or	= 8,33	10,05	9,40	13,65	11,35	9,46	8,63
Ab	= 9,24	4,15	10,11	5,29	4,35	13,31	12,66
Ne	= 7,14	10,31	8,00	8,96	9,24	3,33	5,29
An	= 18,32	17,33	18,13	19,80	15,44	20,70	19,81
Mt	= 2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
Di Ca	= 16,37	14,90	11,28	12,85	13,59	10,44	10,93
Di Mg	= 8,96	9,48	7,13	7,54	8,81	6,54	6,88
Di Fe	= 6,83	4,48	3,45	4,69	3,87	3,27	3,38
Fo	= 4,72	11,34	12,81	7,45	13,37	12,52	12,80
Fa	= 3,95	5,89	6,82	5,10	6,46	6,88	6,91
SOMME	= 91,31	96,13	96,22	96,23	95,99	95,77	96,32
D.I.	= 24,71	24,51	27,51	27,90	24,94	26,10	26,58

— bordure de la planèze de Mauriac :

- 124 et 125 : coulées de Lavialle, fossilisant des vallons de la brèche trachyandésitique (coulées infraplanésiennes).
- 126 : panneau glissé de Chablat.
- 127 : coulée infraplanésienne de Peyralbes.
- 128 : paléolac (infraplanésien) d'Arches.
- 129 et 130 : necks de Pommier.

Annexe 20 : Analyses chimiques et normes :

**Coulées des Salins :
microlites de pyroxènes**

	17	18	19	20	21	22	23
SiO₂ =	47,73	44,56	46,60	45,50	43,54	43,80	46,92
TiO₂ =	2,50	3,81	3,10	3,35	4,67	4,12	2,70
Al₂O₃ =	5,89	8,19	6,51	6,90	9,54	8,65	6,31
Fe₂O₃ =	4,48	5,79	3,75	5,07	4,38	5,51	5,76
FeO =	3,29	3,54	4,78	3,44	4,33	2,71	2,53
MnO =	0,13	0,12	0,13	0,15	0,10	0,08	0,24
MgO =	13,24	11,84	12,49	12,16	10,80	11,76	12,96
CaO =	23,26	22,51	22,65	23,00	23,23	23,03	23,65
Cr₂O₃ =	0	0	0,02	0,04	0	0,01	0,05
Na₂O =	0,54	0,67	0,50	0,58	0,61	0,61	0,51
TOTAL =	101,06	101,03	100,54	100,19	101,20	100,27	101,63

Formule structurale calculée pour 6 oxygènes :

Si =	1,760	1,657	1,736	1,703	1,621	1,638	1,726
Ti =	0,069	0,107	0,087	0,094	0,131	0,116	0,075
Al =	0,256	0,359	0,286	0,304	0,418	0,381	0,274
Fe₃⁺ =	0,124	0,162	0,105	0,143	0,123	0,155	0,159
Fe₂⁺ =	0,102	0,110	0,149	0,108	0,135	0,085	0,078
Mn =	0,004	0,004	0,004	0,005	0,003	0,003	0,007
Mg =	0,728	0,656	0,693	0,678	0,599	0,656	0,711
Ca =	0,919	0,897	0,904	0,922	0,926	0,923	0,932
Cr =	0	0	0,001	0,001	0	0	0,001
Na =	0,039	0,048	0,036	0,042	0,044	0,044	0,036
TOTAL =	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
ALIV =	0,240	0,343	0,264	0,297	0,379	0,362	0,274
ALVI =	0,016	0,016	0,021	0,007	0,039	0,019	0

Poles d'après R.G. Cawthorn et K.D. Collerson (19 %)

ACMITE =	3,86	4,83	3,61	4,21	4,40	4,42	3,64
CAFETS =	4,28	5,68	3,45	5,03	3,94	5,53	6,15
CACRTS =	0	0	0,03	0,06	0	0,01	0,07
CATITS =	6,93	10,65	8,68	9,43	13,07	11,59	7,47
CA-TSC =	5,87	7,29	5,61	5,79	7,85	7,48	6,21
WOLLAS =	37,40	33,03	36,30	35,95	33,89	33,83	36,66
ENSTAT =	36,38	32,81	34,66	33,91	29,96	32,78	35,53
FE-SIL =	5,28	5,70	7,66	5,62	6,89	4,36	04,27
WOLLAS =	48,97	49,03	48,71	49,70	51,86	50,69	49,38
ENSTAT =	38,78	35,88	37,37	36,55	33,55	36,01	37,65
FE-SIL =	12,25	15,09	13,92	13,75	14,59	13,30	12,97

Annexe 20 (suite)

Analyse fer non bloqué : Pourcentages d'oxydes

	131	132	Salins
SiO ₂	= 41,70	41,78	41,80
TiO ₂	= 3,20	0,78	2,78
Al ₂ O ₃	= 13,10	20,88	11,80
Fe ₂ O ₃	= 7,50	1,50	4,29
FeO	= 4,59	10,00	7,00
MnO	= 0,20	0,03	0,19
MgO	= 9,60	6,21	12,50
CaO	= 11,30	9,04	10,90
Na ₂ O	= 2,78	3,16	2,70
K ₂ O	= 2,05	2,03	0,91
P ₂ O ₅	= 0,97	0,78	1,00
H ₂ O ⁺	= 1,66	3,15	2,81
H ₂ O ⁻	= 0	0,62	0
SOMME	= 98,65	99,96	98,68

Analyse fer non bloqué : Pourcentages d'oxydes

	54 a	54 b
SiO ₂	= 45,00	41,90
TiO ₂	= 3,48	2,79
Al ₂ O ₃	= 9,84	12,30
Fe ₂ O ₃	= 6,03	2,91
FeO	= 6,69	7,40
MnO	= 0,25	0,17
MgO	= 5,09	10,30
CaO	= 11,58	11,20
Na ₂ O	= 2,98	2,02
K ₂ O	= 0,88	2,09
P ₂ O ₅	= 0,78	0,78
H ₂ O ⁺	= 0,25	3,95
H ₂ O ⁻	= 1,14	
SOMME	= 93,99	97,81

Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5 % : Pourcentages d'oxydes

	131	132	
SiO ₂	= 41,70	41,78	41,80
TiO ₂	= 03,20	00,78	02,78
Al ₂ O ₃	= 13,10	20,88	11,80
Fe ₂ O ₃	= 01,50	01,50	01,50
FeO	= 09,99	10,00	09,51
MnO	= 00,20	00,03	00,19
MgO	= 09,60	06,21	12,50
CaO	= 11,30	09,04	10,90
Na ₂ O	= 02,78	03,16	02,70
K ₂ O	= 02,05	02,03	00,91
P ₂ O ₅	= 00,97	00,78	01,00
H ₂ O ⁺	= 02,26	03,15	03,09
H ₂ O ⁻	= 00,00	00,62	00,00
SOMME	= 98,65	99,96	98,68

Analyse avec Fe₂O₃ bloqué à 1,5 % : Pourcentages d'oxydes

	54	
SiO ₂	= 45,00	41,90
TiO ₂	= 03,48	02,79
Al ₂ O ₃	= 09,84	12,30
Fe ₂ O ₃	= 01,50	01,50
FeO	= 10,77	08,67
MnO	= 00,25	00,17
MgO	= 05,09	10,30
CaO	= 11,58	11,20
Na ₂ O	= 02,98	02,02
K ₂ O	= 00,88	02,09
P ₂ O ₅	= 00,78	00,78
H ₂ O ⁺	= 00,70	04,09
H ₂ O ⁻	= 01,14	
SOMME	= 93,99	97,81

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

Ap	= 2,12	1,70	2,19
Ilm	= 6,08	1,48	5,28
Or	= 12,11	12,00	5,38
Ab	= 0,78	5,71	7,73
Ne	= 12,32	11,39	8,19
An	= 17,21	36,79	17,39
Mt	= 2,17	2,17	2,17
Di Ca	= 13,84	1,45	12,86
Di Mg	= 8,62	0,70	8,60
Di Fe	= 4,41	0,72	3,32
Fo	= 10,72	10,35	15,79
Fa	= 6,02	11,72	6,70
SOMME	= 96,40	96,19	95,60
D.I.	= 25,22	29,10	21,30

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

Ap	= 1,70	1,70
Ilm	= 6,61	5,30
Or	= 5,20	12,35
Ab	= 23,44	3,16
Ne	= 0,96	7,55
An	= 10,87	18,32
Mt	= 2,17	2,17
Di Ca	= 17,53	13,63
Di Mg	= 8,44	9,01
Di Fe	= 8,84	3,66
Fo	= 2,97	11,66
Fa	= 3,42	5,21
SOMME	= 92,17	93,73
D.I.	= 29,60	23,06

● Basaltes K sans leucite normative : 131 - coulée miocène du Puy de Terre ; 132 - coulée miocène d'Auzers, P. Thonon, 1967 (analyse douteuse) ● Salins : basanite à néphéline ● 54 a : coulée miocène des Aldières (A. Lambert, 1969). Basalte sodique à moins de 5 % de néphéline normative ● 54 b : coulée de Bournioux.

Annexe 21 : Microanalyses de pyroxènes du paléolac de Chastel-Marlhac.

	133	134	135	136	137	138	139	140	141
SiO₂ =	50,50	51,33	50,72	49,55	50,40	50,67	49,00	46,43	42,71
TiO₂ =	1,64	1,33	1,60	1,61	1,54	1,15	1,85	3,02	4,46
Al₂O₃ =	2,36	2,47	2,46	3,25	2,62	2,11	4,00	7,19	9,35
Fe₂O₃ =	3,21	1,10	3,23	4,02	2,15	0,77	5,40	4,54	7,44
FeO =	6,06	6,45	6,81	4,53	5,78	11,70	1,70	3,14	1,49
MnO =	0,10	0,22	0,08	0,09	0	0,31	0,14	0,23	0,22
MgO =	15,24	15,81	14,98	14,76	15,22	12,95	15,16	12,62	11,69
CaO =	21,01	20,12	20,91	21,83	21,03	18,43	23,24	23,10	23,01
Cr₂O₃ =	0,01	0,34	0	0,25	0,31	0	0	0	0
Na₂O =	0,35	0,42	0,37	0,39	0,39	0,63	0,35	0,60	0,66
TOTAL =	100,48	99,59	101,15	100,27	99,44	98,72	100,84	100,87	101,03

Formule structurale calculée pour 6 oxygènes :

Si =	1,870	1,904	1,871	1,838	1,879	1,932	1,800	1,718	1,590
Ti =	0,046	0,037	0,044	0,045	0,043	0,033	0,051	0,084	0,125
Al =	0,103	0,108	0,107	0,142	0,115	0,095	0,173	0,313	0,410
Fe₃⁺ =	0,090	0,031	0,090	0,112	0,060	0,022	0,149	0,126	0,208
Fe₂⁺ =	0,188	0,200	0,210	0,140	0,180	0,373	0,052	0,097	0,046
Mn =	0,003	0,007	0,002	0,003	0	0,010	0,004	0,007	0,007
Mg =	0,841	0,874	0,823	0,816	0,846	0,736	0,830	0,696	0,649
Ca =	0,834	0,799	0,826	0,868	0,840	0,753	0,915	0,915	0,918
Cr =	0	0,010	0	0,007	0,009	0	0	0	0
Na =	0,025	0,030	0,026	0,028	0,028	0,047	0,025	0,043	0,048
TOTAL =	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Allv =	0,103	0,096	0,107	0,142	0,115	0,068	0,173	0,282	0,410
Alvi =	0	0,012	0	0	0	0,027	0	0,031	0

Pôles d'après R.G. Cawthorn et K.D. Collerson (1974)

Acmite =	2,51	3,02	2,65	2,81	2,82	2,20	2,49	4,30	4,76
Cafets =	3,22	0,02	3,15	4,20	1,60	0	6,22	4,17	8,04
Caerts =	0,01	0,50	0	0,37	0,46	0	0	0	0
Catits =	4,57	3,71	4,44	4,49	4,32	3,30	5,11	8,40	12,48
Ca-Tsc =	0,58	1,69	0,91	2,61	1,44	0,21	3,55	7,27	8,02
Wollas =	37,49	37,01	37,06	37,55	38,08	35,88	38,30	35,86	31,61
Enstat =	42,07	43,70	41,17	40,81	42,28	36,80	41,50	34,79	32,43
Fe-Sil =	9,54	10,35	10,62	7,16	9,00	19,15	2,83	5,21	2,66
Wollas =	42,64	41,83	42,33	44,74	43,61	39,75	46,89	49,70	50,20
Enstat =	43,03	45,73	42,19	42,09	43,91	38,86	42,55	37,78	35,48
Fe-Sil =	14,34	12,44	15,47	13,17	12,48	21,39	10,56	12,52	14,31

– basalte sodique

133 : microlite

134 : couronne de phénocrystal

135 : périphérie de phénocrystal

136 et 137 : couronne de phénocrystal

138 : microlite

– basalte potassique (Magonthier, 1974) : analyses 139 à 141

Annexe 22 : Microanalyses de feldspaths du basalte sodique du paléolac de Chastel-Marlhac (bas de falaise).

	plagioclases				feldspaths alcalins	
	142	143	144	145	146	147
SiO₂	= 54,56	59,68	52,82	58,25	66,02	65,21
Al₂O₃	= 27,48	25,44	28,83	24,40	19,35	20,36
Fe₂O₃	= 1,76	0,70	1,15	1,51	0,57	0,73
CaO	= 10,87	7,61	12,24	7,16	0,78	1,62
Na₂O	= 5,28	6,99	4,12	6,65	7,21	7,94
K₂O	= 0,39	0,79	0,30	0,83	5,63	3,96
TOTAL	= 100,34	101,21	99,46	98,80	99,56	99,82

Formule structurale calculée pour 8 oxygènes :

Si	= 2,470	2,644	2,412	2,648	2,962	2,911
Al	= 1,466	1,328	1,551	1,307	1,023	1,071
Fe	= 0,060	0,023	0,040	0,052	0,019	0,025
Ca	= 0,527	0,361	0,599	0,349	0,037	0,077
Na	= 0,463	0,600	0,365	0,586	0,627	0,687
K	= 0,023	0,045	0,017	0,048	0,322	0,226
TOTAL	= 5,010	5,002	4,984	4,990	4,991	4,997
ANORTI	= 52,04	35,90	61,04	35,48	3,80	7,82
ALBITE	= 45,74	59,67	37,18	59,63	63,55	69,40
ORTHOS	= 2,22	4,44	1,78	4,90	32,65	22,77

Analyse 23 : Analyses chimiques et normes des basaltes du paléolac de Chastel-Marlhac (148, 149 et 150), et du Puy de Saignes (151 et 152).

Analyse fer non bloqué :
Pourcentages d'oxydes

	148	149	150
SiO₂ =	41,39	45,95	47,41
TiO₂ =	2,80	0,78	2,19
Al₂O₃ =	11,45	13,73	13,87
Fe₂O₃ =	4,97	13,02	2,54
FeO =	7,82	0,19	8,44
MnO =	0	0,06	0,17
MgO =	10,37	8,54	9,37
CaO =	12,46	10,02	8,65
Na₂O =	2,22	3,44	2,93
K₂O =	2,18	1,09	1,00
P₂O₅ =	0,99	0,78	0,48
H₂O⁺ =	2,90	1,44	1,56
H₂O⁻ =	0,54	0,63	00,48
SOMME =	100,09	99,67	99,09

Analyse avec Fe₂O₃
bloqué à 1,5 % :

Pourcentages d'oxydes

	148	149	150
SiO₂ =	41,39	45,95	47,41
TiO₂ =	2,80	0,78	2,19
Al₂O₃ =	11,45	13,73	13,87
Fe₂O₃ =	1,50	1,50	1,50
FeO =	10,94	10,56	9,38
MnO =	0	0,06	0,17
MgO =	10,37	8,54	9,37
CaO =	12,46	10,02	8,65
Na₂O =	2,22	3,44	2,93
K₂O =	2,18	1,09	1,00
P₂O₅ =	0,99	0,78	0,48
H₂O⁺ =	3,25	2,59	1,66
H₂O⁻ =	0,54	0,63	0,48
SOMME =	100,09	99,67	99,09

Norme CIPW avec Fe₂O₃ = 1,5 %

Ap =	2,16	1,70	1,05
Ilm =	5,32	1,48	4,16
Or =	3,75	6,44	5,91
Ab =	0	17,95	24,79
Ne =	10,18	6,04	0
Le =	7,16	0	0
An =	14,84	18,80	21,74
Mt =	2,17	2,17	2,17
Di Ca =	17,18	10,99	7,66
Di Mg =	10,46	5,91	4,69
Di Fe =	5,78	4,73	2,55
Hy Mg =	0	0	3,15
Hy Fe =	0	0	1,71
Fo =	10,77	10,76	10,86
Fa =	6,54	9,47	6,50
SOMME =	96,32	96,46	96,96
D.I. =	21,09	30,44	30,70

Analyse fer non bloqué :
Pourcentages d'oxydes

	151	152
SiO₂ =	37,60	42,02
TiO₂ =	1,19	2,68
Al₂O₃ =	20,92	13,28
Fe₂O₃ =	1,50	3,08
FeO =	11,83	8,08
MnO =	0,09	0,19
MgO =	6,88	8,90
CaO =	11,15	10,30
Na₂O =	2,03	4,02
K₂O =	2,09	1,47
P₂O₅ =	1,86	1,26
H₂O⁺ =	1,26	4,94
H₂O⁻ =	1,34	0,22
SOMME =	99,74	100,44

Analyse avec Fe₂O₃
bloqué à 1,5 % :

Pourcentages d'oxydes

	151	152
SiO₂ =	37,60	42,02
TiO₂ =	1,19	2,68
Al₂O₃ =	20,92	13,28
Fe₂O₃ =	1,50	1,50
FeO =	11,83	9,50
MnO =	0,09	0,19
MgO =	6,88	8,90
CaO =	11,15	10,30
Na₂O =	2,03	4,02
K₂O =	2,09	1,47
P₂O₅ =	1,86	1,26
H₂O⁺ =	1,26	5,10
H₂O⁻ =	1,34	0,22
SOMME =	99,74	100,44

Norme CIPW avec Fe₂O₃
= 1,5 %

Ap =	4,06	2,75
Ilm =	2,26	5,09
Or =	0,26	8,69
Ab =	0	7,75
Ne =	9,31	14,23
Le =	9,48	0
An =	41,80	13,85
Mt =	2,17	2,17
Di Ca =	1,08	12,46
Di Mg =	0,51	7,60
Di Fe =	0,56	4,17
Fo =	11,65	10,21
Fa =	14,00	6,16
SOMME =	97,14	95,13
D.I. =	19,05	30,67

● Chastel-Marlhac : 148 - basalte potassique en surface (Magonthier, 1974) ; 149 - basalte sodique (analyse douteuse ; Varet, 1967) ; 150 - basalte sodique : bas de falaise ● Puy de Saignes : 151 - basalte « qui pleure » (Varet, 1967) ; 152 - autre basalte du front de taille (Magonthier, 1974).

Analyse 24 : Microanalyses de pyroxènes de la phonolite apœutectique de Auroroche (Brousse et Rançon, 1984).

	JR1	JR2	JR3	JR4	JR5	JR6	JR7	JR8
SiO₂ =	48,81	49,96	45,56	53,11	50,40	50,31	52,25	47,20
TiO₂ =	0,81	1,04	1,90	1,67	0,77	0,82	0,95	2,14
Al₂O₃ =	1,38	1,49	1,49	2,40	1,13	0,82	4,54	5,34
Fe₂O₃ =	12,06	12,25	9,41	24,60	14,82	21,39	18,55	20,79
FeO =	8,55	6,60	8,46	0,55	7,60	4,33	4,14	0
MnO =	3,85	2,89	2,23	1,62	2,79	2,52	2,15	0,90
MgO =	3,43	5,42	5,00	0,93	2,91	1,48	1,03	1,57
CaO =	15,90	15,20	18,84	4,10	12,88	8,84	6,33	11,66
Na₂O =	4,29	4,73	2,60	10,63	6,05	8,48	9,77	7,86
K₂O =	0,09	0,03	0,12	0,57	0,07	0	0,11	1,16
TOTAL =	99,16	99,62	95,61	100,17	99,42	98,99	99,83	96,62

Formule structurale calculée pour 6 oxygènes :

Si =	1,931	1,935	1,867	2,004	1,971	1,972	1,984	1,833
Ti =	0,024	0,030	0,059	0,047	0,023	0,024	0,027	0,063
Al =	0,064	0,068	0,072	0,107	0,052	0,038	0,203	0,244
Fe₃⁺ =	0,359	0,357	0,290	0,698	0,436	0,631	0,530	0,608
Fe₂⁺ =	0,283	0,214	0,290	0,017	0,248	0,142	0,132	0
Mn =	0,129	0,095	0,077	0,052	0,092	0,084	0,069	0,030
Mg =	0,202	0,313	0,305	0,052	0,170	0,086	0,058	0,091
Ca =	0,674	0,631	0,827	0,166	0,540	0,371	0,257	0,485
Na =	0,329	0,355	0,207	0,778	0,459	0,644	0,719	0,592
K =	0,005	0,001	0,006	0,027	0,003	0	0,005	0,057
TOTAL =	4,000	4,000	4,000	3,949	3,994	3,992	3,985	4,003
ALIV =	0,064	0,065	0,072	0	0,029	0,028	0,016	0,167
ALVI =	0	0,003	0	0,107	0,023	0,010	0,187	0,078
WOLLAS =	40,92	39,20	46,21	16,82	36,31	28,25	24,60	39,99
ENSTAT =	12,28	19,45	17,06	05,31	11,41	06,58	05,57	07,49
FE-SIL =	46,80	41,35	36,73	77,87	52,28	65,17	69,83	52,52

Annexe 25 : Analyses chimiques et normes de K benmoreites sous saturées, de phonolites et de K benmoreites saturées de la région de Saignes et de Bort-les-Orgues.

**Analyse fer non bloqué :
Pourcentages d'oxydes**

	153	154	155	156	157
SiO₂ =	56,84	59,41	55,02	57,80	58,46
TiO₂ =	0,39	0,06	1,36	0,42	0,32
Al₂O₃ =	15,38	16,09	19,81	20,41	20,93
Fe₂O₃ =	4,74	3,12	4,08	2,27	1,44
FeO =	0,57	0,05	1,10	0,95	0,76
MnO =	0,07	0,09	0,05	0,06	0,25
MgO =	0,02	0,02	1,11	1,51	0,01
CaO =	4,98	4,77	3,86	1,47	1,87
Na₂O =	6,00	7,81	5,47	7,56	8,05
K₂O =	4,88	5,47	4,77	5,55	5,39
P₂O₅ =	1,00	0,07	0,17	0,08	0,16
H₂O⁺ =	2,20	0,64	1,23	0,20	1,17
H₂O⁻ =	1,22	0,38	1,11	0,21	0,23
SOM. =	98,29	97,98	99,14	98,49	99,04

**Analyse fer non bloqué :
Pourcentages d'oxydes**

	158	159	160	161
SiO₂ =	59,00	57,92	55,86	59,76
TiO₂ =	1,02	0,31	0	0,12
Al₂O₃ =	17,00	15,52	19,75	15,44
Fe₂O₃ =	17,00	15,52	19,75	15,44
FeO =	2,77	6,27	4,43	4,80
MnO =	0,21	0,04	0,05	0,08
MgO =	0,92	0,51	1,46	0,35
CaO =	4,23	5,72	4,86	5,72
Na₂O =	4,29	4,91	4,80	5,03
K₂O =	3,16	3,41	3,37	3,09
P₂O₅ =	0,51	0,15	0,03	0,31
H₂O⁺ =	2,79	3,40	1,65	2,38
H₂O⁻ =	0	0,34	0,38	0,46
SOM. =	98,94	99,45	99,69	99,90

Norme CIPW avec le fer analysé

Ap =	2,19	0,15	0,37	0,17	0,35
Ilm =	0,74	0,11	2,43	0,80	0,61
Or =	28,84	32,32	28,19	32,80	31,85
Ab =	48,65	35,48	39,00	39,24	42,00
Ne =	1,15	9,11	3,94	13,40	14,15
An =	0,62	0	15,41	5,37	5,06
Mt =	0,94	0	0	2,04	2,09
Hema =	4,10	0	4,08	0,86	0
Di Ca =	0,06	0,20	1,03	0,61	0,15
Di Mg =	0,05	0,05	0,89	0,53	0,02
Di Fe =	0	0,16	0	0	0,14
Fo =	0	0	1,32	2,27	0
SOM. =	94,87	96,96	96,80	98,08	97,64
D.I. =	78,64	76,92	71,14	85,43	88,00

Norme CIPW avec le fer analysé

Ap =	1,11	0,33	0,07	0,68
Ilm =	1,94	0,59	0	0,23
Or =	18,67	20,15	19,91	18,26
Ab =	36,30	41,55	40,62	42,56
An =	17,80	10,24	22,39	10,43
Mt =	4,02	2,29	6,42	6,96
Hema =	0	4,69	0	0
Di Ca =	0,08	1,47	0,64	1,29
Di Mg =	0,04	1,27	0,39	0,87
Di Fe =	0,04	0	0,22	0,32
Hy Mg =	2,25	0	3,25	0
Hy Fe =	1,97	0	1,82	0
Qz =	12,08	7,48	1,95	10,14
SOM. =	96,30	95,79	97,68	97,18
D.I. =	67,05	69,18	62,48	70,96

— K benmoréites sous saturées : 153, 154, 155.

Phonolites : 156, 157.

— K benmoréites saturées : 158 à 161.

LEXIQUE

Formations sédimentaires :

— *Roc séda* : roche très fine composée essentiellement d'argiles de type illite et d'environ 50% de quartz en cristaux de taille inférieure au micron (Richard, 1952).

Volcanisme :

— *Chlorophaëite* : composition chimique (Stokes, 1971) : $1.2 (Al_2O_3, Fe_2O_3) - (MgO, CaO) - 3-9 SiO_2, xH_2O$.

— *Cristal-lapilli* : tuf à débris de cristaux.

— *Épiclastique* : brèche épicastique : téphra remanié, généralement par les eaux.

— *Indice d'agpaïcité* : rapport $\frac{Na}{Al - K}$

— *Indice de coloration* (col =) : permet de connaître la proportion de minéraux colorés d'une roche. Il s'exprime par les formules : $100 \frac{Q}{Q + F}$ si la roche contient du quartz ; $100 \frac{F}{F + f}$ si elle renferme des feldspathoïdes. Q est la proportion de quartz, F celle des feldspaths, f celle des feldspathoïdes. Dans le cas d'une roche renfermant du verre, celui-ci est ajouté aux feldspaths (voir Jung et Brousse : « classification modale des roches éruptives ». Masson et Cie. Paris).

— *Lahar* : dépôt constitué de débris volcaniques plus ou moins grands, mis en place par coulée boueuse. C'est un type de brèche épicastique.

— *Planèze* (terme auvergnat) : surface structurale, zone périphérique de l'ancien cône volcanique limitée par des vallées rayonnantes, de forme triangulaire à pointe sub-centrale.

— *Pyroclastes* : grands cristaux automorphes, d'origine profonde, dispersés dans les projections.

— *Pyroclastique* : brèche pyroclastique : téphra non remanié

— *Rapport R* : valeur de $100 \frac{(K + Na)}{K + Na + Ca}$

— *Téphra* : terme collectif désignant l'ensemble des débris volcaniques éjectés d'un cratère pendant une éruption, et sédimentés après un trajet plus ou moins long. Ces téphra ont pu être remaniés après leur dépôt (voir brèche « pyroclastique » et brèche « épicastique »).