

**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
LA TOUR-D'AUVERGNE À 1/50 000**

par

**R. BROUSSE, J.P. RANÇON
M.J. LE GARREC, P. TEMPIER, J. SUIRE, Y. VEYRET-MEKDJIAN
D. D'ARCY, J.J. PÉRICHAUD**

1990

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

— *pour la carte* : BROUSSE P., SUIRE J., TEMPIER P., LE GARREC M.J., VEYRET-MEKDJIAN Y., MEDHIZADEH H., MERVOYER B., MUSENGIÉ M. (1990) — Carte géol. France (1/50 000), feuille **La Tour-d'Auvergne** (740) — Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par BROUSSE P., RANÇON J.P., LE GARREC M.J., TEMPIER P., SUIRE J., VEYRET-MEKDJIAN Y., D'ARCY D., PÉRICHAUD J.J. (1990), 68 p.

— *pour la notice* : BROUSSE P., RANÇON J.P., LE GARREC M.J., TEMPIER P., SUIRE J., VEYRET-MEKDJIAN Y., D'ARCY D., PÉRICHAUD J.J. (1990) — Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille **La Tour-d'Auvergne** (740) — Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 68 p. Carte géologique par BROUSSE P., SUIRE J., TEMPIER P., LE GARREC M.J., VEYRET-MEKDJIAN Y., MEDHIZADEH H., MERVOYER B., MUSENGIÉ M. (1990).

© BRGM, 1990. 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 : 2-7159-1740-6

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	5
DESCRIPTION DES TERRAINS	5
<i>SOCLE MÉTAMORPHIQUE ET GRANITIQUE</i>	5
Formations cristallophylliennes	6
Formations granitiques	18
Systèmes filoniens	19
<i>FORMATIONS VOLCANIQUES</i>	20
Laves	20
Téphra associés	31
<i>FORMATIONS SÉDIMENTAIRES</i>	33
<i>FORMATIONS SUPERFICIELLES</i>	36
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES	38
<i>TECTONIQUE DU SOCLE</i>	38
<i>VOLCANISME</i>	39
<i>MODELÉ GLACIAIRE</i>	47
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	50
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	50
<i>SOURCES THERMO-MINÉRALES</i>	52
<i>RESSOURCES MINÉRALES, MINES ET CARRIÈRES</i>	55
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	63
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i>	63
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	63
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	68
AUTEURS	68

INTRODUCTION

La feuille La Tour-d'Auvergne apporte le deuxième volet d'informations analytiques sur le massif du Mont-Dore après celui de la carte Bourg-Lastic. Mais, ici, le volcanisme qui occupe un peu plus de la moitié de la feuille appartient à d'autres provinces volcaniques : à l'Est, le Cézallier ; au centre, les pointements isolés de l'Artense et à l'Ouest, celle du Sillon Houiller.

L'autre moitié de la carte est celle du socle métamorphique et granitique avec 2 entités : une série autochtone sur laquelle est chariée une série leptyno-amphibolique. Les 2 ensembles, socle et volcanisme, sont, un peu partout, masqués par les formations glaciaires, plus particulièrement importantes au débouché du plateau de l'Artense dans la vallée de la Dordogne.

Les formations sédimentaires sont très peu représentées.

C'est sur la feuille La Tour-d'Auvergne que se trouve le plus haut sommet à la fois du massif du Mont-Dore et du Massif central : le puy de Sancy (1 885 m). De cette zone sommitale, s'irradient les rivières qui dissèquent le massif volcanique. Elles affluent toutes vers la Dordogne à l'exception de celles du versant est qui s'écoulent vers le bassin de l'Allier.

Exception faite du massif volcanique du Mont-Dore, toutes les autres zones relevant de la région naturelle dite de l'Artense correspondent à une pénéplaine descendant progressivement vers la Dordogne située à l'Ouest. Cette pénéplaine n'est toutefois qu'un plan fictif car la masse glaciaire a surcreusé les dépressions actuellement occupées par des étangs, marécages et tourbières, pour, au contraire, mettre en relief les buttes-témoins, (nombreuses buttes moutonnées).

DESCRIPTION DES TERRAINS

SOCLE MÉTAMORPHIQUE ET GRANITIQUE

Le socle constitue, aux recouvrements glaciaires près, la moitié sud-est de la feuille artificiellement divisée par la diagonale NE-SW de la carte.

Dans la moitié restante, à dominante volcanique, le socle n'est pas pour autant absent, mais il est alors limité au fond des vallées qui entaillent le massif volcanique. Il remonte beaucoup plus haut qu'on ne le pensait jusqu'à présent, à 1 060 m dans la vallée de la Burande et près de Chauvet, 1 104 m près de Reboisson, 1 065 m près d'Augères-Basse, 1 080 m près de Tinaire et surtout 1 130 m dans la vallée du ruisseau de Neuffonds. Le socle affleure à Reboisson à une distance qui n'est qu'à 1,7 km du puy de Sancy.

Un autre fait à souligner est la découverte d'un seuil de socle affleurant entre les coulées les plus méridionales du Mont-Dore jusqu'au lac de la Landie et un ensemble autonome autour et au Sud du lac de l'Esclauze. Une bande de socle orientée E-W, de 1 300 m de largeur en moyenne, sépare les deux ensembles à la hauteur d'Égliseneuve-d'Entraigues.

Les formations cristallophylliennes, les plus largement réparties, appartiennent à trois unités géologiques limitées par deux grands accidents tectoniques de la région : le Sillon Houiller et la faille de Saint-Sauves—Trémouille-Saint-Loup.

A l'Ouest du Sillon Houiller, les micaschistes constituent la bordure orientale de la série du Chavanon développée plus au Nord et à l'Ouest.

Entre le Sillon Houiller et la faille de Saint-Sauves, les méta-granites et les micaschistes à muscovite prolongent ceux de la série de Bourg-Lastic située plus au Nord.

A l'Est de la faille de Saint-Sauves, l'ensemble métamorphique à sillimanite et cordiérite constitue la plus grande partie de la série de l'Artense.

En dehors du granite du Sillon Houiller, les roches granitiques se rencontrent seulement dans la série anatectique de l'Artense. Elles ne forment que de petits massifs ou filons disséminés, à l'exception du massif de la Tour-d'Auvergne.

Formations cristallophylliennes

Série du Chavanon

Cette série, peu représentée sur la feuille, affleure à l'Ouest du Mont et du puy Derrière. Elle est constituée par des alternances de micaschistes, plus ou moins leptyniques et de leptynites franches dérivant d'une ancienne série sédimentaire à tendance flyschöide. Près du Sillon Houiller, ces roches sont assez fortement redressées, voire verticales.

ξ. Micaschistes indifférenciés. A l'Ouest du Sillon Houiller, ces micaschistes à biotite et muscovite ont un faciès uniforme à la différence de ceux qui se trouvent à l'Est. Ce sont des roches à grain fin dans lesquelles aucun minéral ne dépasse le millimètre. Il s'y développe localement de l'andalou-site et/ou de la staurotide. Les cristaux peuvent alors atteindre une taille centimétrique.

Série de Bourg-Lastic

Entre le Sillon Houiller et la faille de Saint-Sauves, les formations métamorphiques, à muscovite, sont le prolongement méridional de la série de Bourg-Lastic (Tempier, 1974). Sur la feuille La Tour-d'Auvergne, elles sont constituées par des méta-granites et des micaschistes qui se poursuivent encore plus au Sud-Ouest sur les feuilles Bort-les-Orgues et Mauriac.

ξa. Micaschistes alumineux. Ces micaschistes à tendance alumineuse sont les équivalents des micaschistes alumineux ξ¹ de la feuille Bourg-Lastic.

La roche peut avoir un aspect soyeux ou « gréseux » suivant l'abondance des phyllites. L'alternance, à toutes les échelles, de lits quartzeux et phylli-

teux témoigne de l'origine sédimentaire grésopélimitique de la formation. Les lentilles de quartz d'exsudation sont fréquentes : certaines contiennent des cristaux de disthène.

En lame-mince, la texture est granolépidoblastique ou lépidoblastique. Les minéraux cardinaux sont le quartz, le plagioclase, la biotite et la muscovite ; plus secondairement, il existe du feldspath potassique, de l'apatite et du zircon et, sporadiquement, du grenat. Le quartz a une extinction ondulante. Le plagioclase (oligoclase) présente le plus souvent des macles polysynthétiques de type albite. La biotite et la muscovite soulignent la foliation bien marquée.

Ces micaschistes affleurent sous forme de lentilles, d'origine tectonique, de tailles variables (métrique à kilométrique) au sein des métagranites. La roche est souvent très plissotée. Aux plis en chevrons post-foliaux est associée une schistosité fruste. Les axes de plis les plus représentés sont caractérisés par des directions N 20° et N 100°, avec des pendages vers l'Ouest, respectivement de 20° et 40°.

ξ_q. **Micaschistes quartzeux.** Formés essentiellement de micas (muscovite et biotite) et de quartz, ils peuvent parfois renfermer des quantités non négligeables de feldspaths généralement détritiques : il s'agit de plagioclases oscillant entre 5 et 15% d'anorthite. Très épisodiquement, on distingue au microscope un peu de grenat à structure hélicitique, correspondant à une cristallisation de ce minéral au cours d'une phase de déformation.

Ils occupent la partie occidentale de la feuille où ils prolongent les mêmes formations, bien développées sur la feuille Bourg-Lastic à 1/50 000. Il existe de bons affleurements de ces micaschistes au pied du château de Val où ils sont intensément plissés et les lentilles de quartz d'exsudation y sont fréquentes.

Les micaschistes forment le plus souvent des lentilles au sein de l'ortho-gneiss de Tauves (métagranite). L'ensemble des micaschistes se trouve à l'Ouest de la faille de Saint-Sauves.

ζ_γ. **Orthogneiss à deux micas de Tauves.** Cette formation constitue la plupart des affleurements situés entre Larodde, Pont-Vieux et le pont d'Entrai-gues ; elle est le mieux observable entre Larodde et Tremouille-Saint-Loup. La roche avait été appelée embréchite, gneiss œillé ou leptynite (Jung, 1949 ; Scanvic, 1955 ; Bournat, 1959 ; Tournilhac, 1964), mais P. Tempier (1977) a montré son origine orthodérivée (massifs de Tauves et de Saint-Sauves sur la feuille Bourg-Lastic).

La structure gneissique de ces métagranites à muscovite (Suire, 1979) est le plus souvent œillée mais les yeux feldspathiques peuvent être absents. Ces yeux, monocristallins, sont de couleur blanchâtre mais, localement, ils peuvent être rose saumon (chemin du moulin de la Vergne). La foliation demeure généralement assez fruste, alors qu'une linéation de type « rolling » est bien marquée.

L'étude microscopique montre une paragenèse à quartz, feldspath potassique, plagioclase, biotite et muscovite ; chlorite, zircon et apatite constituent les minéraux accessoires. Le quartz, en éléments de taille variable, a toujours une extinction ondulante. Le feldspath potassique, très abondant, se rencontre selon deux aspects : cristaux à moirage caractéristique du microcline, systématiquement déformés et d'autres, beaucoup plus rares, ne présentant ni l'un ni l'autre de ces caractères. Le plagioclase, beaucoup moins abondant, a aussi deux faciès, celui de cristaux déformés, à composition oligoclasique (An 20-An 25) et d'autres, albitiques (An 5-An 10), sans déformation apparente. La muscovite se présente soit en grands cristaux souvent déformés, à extrémités effrangées, soit en éléments plus petits, automorphes. La biotite est rarement déformée ou effilochée. Ainsi, deux phases de cristallisation, séparées par une phase de déformation, peuvent être mises en évidence :

- une cristallisation I, liée à la mise en place de la roche éruptive (quartz, microcline, oligoclase, grandes muscovites) ;
- une cristallisation II, liée au métamorphisme (quartz, feldspath potassique non moiré, albite, biotite, petites muscovites automorphes).

L'étude géochimique (tableau 1) montre que la roche-origine de cet orthogneiss devait être un leucogranite. L'âge de la mise en place initiale de ce métagranite de Tauves (contigu aux métagranites de la feuille) a été datée (isochrone Rb/Sr sur roche totale) à 415 ± 5 Ma (Bernard-Griffiths et Tempier, 1977), ou à 430 ± 5 Ma en utilisant la nouvelle constante (Steiger et Jager, 1977) de désintégration du rubidium $\lambda (^{87}\text{Rb}) = 1,42 \times 10^{-11} \text{ an}^{-1}$.

Série de l'Artense

Cette série, limitée à l'Ouest par la faille de Saint-Sauves, constitue l'essentiel du socle de la feuille. L'étude géologique (Suire, 1979) permet de distinguer deux ensembles :

- le *domaine de Champs* affleure aux alentours de Champs-sur-Tarentaine, à l'intérieur du secteur limité par les localités de Lanobre, Marchal et Embort. Il est composé par des paragneiss plus ou moins leptyniques et migmatitiques, à biotite, sillimanite, éventuellement cordiérite et par des orthogneiss ;
- le *supergroupe de la Tarentaine*, recoupé par la rivière la Tarentaine, s'étend entre Bagnols, Saint-Genès-Champespe, Embort, Marchal et Lanobre. Il est constitué, à la base, par un groupe leptyno-amphibolique, puis par des anatexites à cordiérite schisteuses et grenues. Les gneiss rubanés d'Embort et les migmatites de Marchal peuvent être rattachés à cet ensemble.

Entre ces deux unités, un faciès blastomylonitique est développé, ainsi que dans la partie orientale de la feuille où le phénomène est particulièrement marqué.

Domaine de Champs

$\zeta_{\text{Ab-s}}$. **Paragneiss leptynique à biotite et sillimanite.** Ces gneiss, plus ou moins franchement leptyniques, affleurent au Sud-Ouest de Lanobre—Marchal—Embort. Ils sont caractérisés par des alternances à toutes les échelles

**Tableau 1 — Sélection d'analyses chimiques des roches
du socle métamorphique et granitique (Tempier, 1974 ; Suire, 1979)**

N° échantillon	65	81	194	199	200	205	206	211	212	239	240	249	251	252
N° anal. chim.	9611	9612	A-44	A-45	A-46	A-47	A-48	A-53	A-54	A-58	A-59	A-60	A-61	A-62
SiO ₂	74,40	68,10	69,70	76,60	73,60	68,30	73,70	73,10	65,70	66,40	70,90	72,60	66,50	61,50
Al ₂ O ₃	13,10	15,30	14,50	12,50	13,10	15,70	14,70	13,40	15,85	15,40	16,30	15,20	15,90	17,40
Fe ₂ O ₃	0,68	0,88	0,39	0,47	0,65	0,57	0,40	0,58	0,90	1,10	0,50	0,43	0,62	0
FeO	1,91	3,89	3,70	1,02	2,03	3,99	0,36	2,18	4,86	4,50	1,31	0,87	4,93	7,38
MgO	0,40	2,00	1,80	0,19	0,55	1,60	0,16	1,00	2,90	2,50	0,70	0,40	2,60	3,70
CaO	1,65	1,60	1,95	0,60	1,00	1,20	0,75	1,05	0,50	1,10	1,45	0,80	1,10	1,10
Na ₂ O	3,60	3,40	3,10	2,90	3,05	2,40	4,00	3,10	1,90	2,10	4,40	3,75	2,15	2,10
K ₂ O	3,20	3,70	3,20	5,30	4,70	3,40	4,30	4,50	3,90	3,80	3,30	4,60	3,30	3,10
TiO ₂	0,20	0,70	0,10	0,05	0,50	0,90	tr	0,50	0,95	1,00	0,25	0,20	0,90	1,15
MnO	0,06	0,08	0,05	0,05	0,03	0,08	0,04	0,04	0,08	0,07	0,03	0,03	0,07	0,10
H ₂ O*	0,33	0,55	0,80	0,43	0,66	1,66	0,55	0,83	1,53	2,31	1,10	0,93	2,41	2,60
H ₂ O ⁻	0,02	0,11	0,02	0,05	0,12	0,04	0,07	0,02	0,06	0,10	0,11	0,12	0,19	0,20
TOTAL	99,55	100,31	99,31	100,16	99,99	99,84	99,03	100,30	99,13	100,38	100,35	99,93	100,67	100,33
Rb (ppm)	100	163	128	137	193	127	158	174	158	132	159	211	121	133
Sr (ppm)	115	166	223	58	90	174	118	109	113	215	277	148	170	251
Ba (ppm)	565	510	595	230	510	600	20	255	740	810	620	505	610	700
Zn (ppm)	57	54	95	18	65	101	20	62	120	122	69	42	96	159

65 Leptynite à amphibole - Lanobre.
 81 Leptynite (série L.A.) - Chassagne.
 194 Blastomylonite - Chastelanay.
 199 Leptynite - Chastelanay.
 200 Gneiss fin (série L.A.) - Forêt de Trémouille.

205 Faciès migmatitique de Marchal - Les Oustages.
 206 Granite à biotite - Valesgard.
 211 Faciès rubané - Embort.
 212 Paragneiss leptynique - RN 679, « l'Écureuil ».
 239 Anatexite grenue à cordiérite - Cros.

240 Granite à cordiérite - Cros.
 249 Granite à andalousite - Crespy.
 251 Anatexite schisteuse à cordiérite - Gioux.
 252 Anatexite schisteuse à cordiérite - Forêt de Gravière.

**Tableau 1 – Sélection d'analyses chimiques des roches
du socle métamorphique et granitique
(Tempier, 1974 ; Suire, 1979) (suite)**

N° Echantillon	F9	F10	G3	E112	F12a
N° Analyse	A2214	A2215	A2220	A2208	A2216
SiO ₂	48,30	45,60	44,40	47,50	48,90
Al ₂ O ₃	13,60	16,80	15,00	15,60	15,00
Fe ₂ O ₃	2,33	3,86	2,57	3,57	2,72
FeO	6,37	4,78	5,79	5,79	8,54
MgO	13,60	10,00	12,80	8,90	7,75
CaO	9,50	11,90	10,80	14,50	8,70
Na ₂ O	1,30	2,00	1,00	1,40	3,15
K ₂ O	2,30	2,90	3,65	0,60	1,40
TiO ₂	0,50	0,90	0,80	1,45	1,85
MnO	0,16	0,15	0,16	0,15	0,23
H ₂ O ⁺	2,06	1,36	2,77	0,60	0,95
H ₂ O ⁻	0,54	0,29	0,31	0,13	0,33
Total	100,56	100,57	100,05	100,19	99,52
Rb (p.p.m)	114	112	175	11	59
Sr -	60	119	135	204	338
Ba -	255	275	505	110	125
Li -	51	30	96	8	26
Ni -	307	143	284	143	35
Co -	59	55	68	67	63
Cr -	846	362	726	425	138
Zn -	99	89	78	77	107
Cu -	0	0	0	44	36
Y -	16	20	15	27	42
Nb -	3	0	1	2	11
Zr -	17	35	32	80	124
U -	<0,2	<0,2	<0,2	n.d.	<0,2
Th -	<2	<2	<2	n.d.	<2

F9 Amphibolite - Barrage de Voussaire

F10 Amphibolite - Lavergne

G3 Amphibolite - Trémouille D47

E 112 Amphibolite - Marchal D522

F 12A Amphibolite - Lastiouilles

de niveaux gneissiques et leptyniques passant de l'un à l'autre de manière brusque ou progressive. Ces figures sont probablement l'héritage d'anciennes structures sédimentaires et les niveaux observés correspondent aux différences lithologiques des anciennes strates. En allant vers l'Est, une migmatisation progressive se développe et il apparaît de la cordiérite ; près du groupe leptyno-amphibolique, la roche devient blastomylonitique.

Les affleurements de gneiss sont de couleur brunâtre, ceux de leptynite plus grisâtre. Les gneiss sont à grain plus ou moins fin. La biotite, relativement abondante, souligne la foliation bien marquée. La sillimanite n'est visible à l'œil nu que lorsqu'elle est en taches infracentimétriques blanc jaunâtre nacré.

Les leptynites franches sont massives. Elles forment le plus souvent des bancs continus de moins de deux mètres de puissance, mais également des lentilles concordantes avec la foliation des gneiss encaissants.

Au microscope, la texture est granolépidoblastique ; quartz, feldspath potassique, plagioclase, biotite, sillimanite et éventuellement cordiérite constituent les minéraux cardinaux. Les minéraux accessoires sont la muscovite, la chlorite, le zircon, l'apatite, le sphène, les oxydes opaques ; il peut exister du grenat.

Le quartz est à extinction ondulante. Il se présente en gros éléments brisés parfois étirés et aplatis dans la foliation, ou en gouttelettes, essentiellement dans le feldspath potassique.

Le feldspath potassique, souvent perthitique est à tendance pœcilitique. Il n'est généralement pas maclé ; seuls de rares cas montrent qu'il s'agit de microcline. Les gouttelettes de quartz y sont fréquentes et témoignent de sa déstabilisation.

Le plagioclase (An 5-An 20) est de l'albite ou de l'oligoclase, présentant habituellement des macles polysynthétiques de type albite.

La biotite, à pléochroïsme brun foncé à brun-jaune pâle, se rencontre soit en cristaux de grande taille, souvent déchiquetés, effrangés aux extrémités et corrodés par du quartz, qui soulignent la foliation, soit, plus rarement, en petits cristaux automorphes obliques sur les précédents.

La sillimanite se présente en fibres éparpillées ou regroupées en amas. Les fibres peuvent être incluses dans du quartz, du feldspath potassique, du plagioclase ou de la cordiérite.

La cordiérite, lorsqu'elle existe, est exprimée en cristaux automorphes ou en plages pœcilitiques.

La muscovite est dans l'ensemble assez rare ; dans tous les cas, il s'agit d'un minéral secondaire qui résulte notamment de la « muscovitisation » du feldspath potassique et de la rétro-morphose de la sillimanite.

La chlorite, également secondaire, résulte de la chloritisation de cristaux de biotite ; le phénomène est accompagné d'un développement d'aiguilles de rutile (sagénite) dans les plans (001).

Źys. **Orthogneiss à sillimanite.** Ce type de roche (Tempier, 1978) se rencontre dans la partie sud-ouest de la feuille où il constitue la bordure orientale du massif du Saut-de-la-Saule et plusieurs autres petites unités dispersées dans le domaine gneissique de Champs (Suire, 1979). Les affleurements sont de couleur grise ou blanchâtre ; ils sont massifs et peuvent former des

falaises (gorges de la Rhue). D'une façon générale, la roche est relativement homogène à l'affleurement, mais à l'échelle du massif il existe des faciès fins, grossiers ou œillés. La foliation est souvent assez fruste alors qu'une linéation d'allongement est bien marquée.

En lame mince, la texture est granoblastique à granolépido-blastique ; les minéraux cardinaux sont le quartz, le feldspath potassique, le plagioclase, la biotite. La muscovite, qui peut exister en quantité variable, semble être, excepté quelques rares cristaux tordus, un minéral secondaire et tardif, comme la chlorite. La sillimanite, l'apatite et le zircon peuvent constituer les minéraux accessoires.

Le quartz, à extinction ondulante, se présente soit en cristaux brisés plus ou moins imbriqués, aplatis et étirés, soit en plages xénomorphes, soit en globules essentiellement dans les feldspaths.

Le feldspath potassique est abondant. Très souvent il s'agit de microcline (moirage caractéristique) où les perthites en film sont irrégulièrement abondantes ; ces cristaux sont très généralement brisés et déformés. Il existe d'autre part du feldspath potassique non moiré, apparemment non déformé et ayant cristallisé entre les minéraux.

Le plagioclase (albite-oligoclase) se trouve selon deux aspects. Certains éléments présentent des macles polysynthétiques de type albite, parfois des macles mécaniques en biseau ; ceux-ci ont fréquemment une extinction ondulante ; parfois leur périphérie est zonée. Dans les autres cas les individus, rarement maclés, sont xénomorphes et moulent les autres minéraux.

La biotite se trouve soit en éléments déchiquetés, souvent corrodés par du quartz, soit, plus rarement, en petits cristaux automorphes.

Ainsi, il apparaît trois stades de cristallisation :

- cristallisation I : minéraux liés à la mise en place de la roche éruptive et déformés par l'orthogneissification : quartz étiré et aplati, microcline, albite maclée parfois zonée, biotite déchiquetée, muscovite tordue ;
- cristallisation II : postérieure ou subcontemporaine d'une phase de déformation (orthogneissification) : quartz et feldspath potassique xénomorphe, albite rarement maclée, biotite ;
- cristallisation III : rétro-morphose, muscovitisation.

L'étude géochimique de ces roches (tableau 1) confirme leur origine orthodérivée. A l'origine du massif du Saut-de-la-Saule, il faut très vraisemblablement voir un leucogranite comme en témoignent les valeurs élevées en SiO_2 et K_2O et les teneurs en Rb et Sr (Suire, 1979). Cette même étude montre que la plupart des petits massifs sont comparables au précédent, excepté celui du siphon EDF, nettement distinct et de composition plus granodioritique.

Supergroupe de la Tarentaine

Groupe leptyno-amphibolique. Cet ensemble comprend une association complexe mais caractéristique de gneiss plus ou moins leptyniques, de leptynites et d'amphibolites. La complexité de cette formation sur le terrain ne permet pas en général d'en distinguer les termes sur la carte, où seuls les ensembles les plus importants sont figurés.

Il affleure selon deux bandes subparallèles orientées NW-SE :

– la bande leptyno-amphibolique Sud-Ouest (de Marchal) existe entre Lanobre et le barrage de Voussaire et se poursuit sur la carte Riom-ès-Montagnes (1972) où elle n'a pas été spécifiée ;

– la bande leptyno-amphibolique Nord-Est (de Bagnols) est localisée entre Bagnols et Saint-Genès-Champespe.

L'étude structurale a montré que ces deux bandes ne constituaient en réalité qu'un même niveau disposé en synforme.

ζ ; ζλ. **Gneiss leptynique massif ; ortholeptynite.** Les termes acides (gneiss leptyniques et leptynites) sont caractérisés par leur couleur grise à l'affleurement et une cristallinité marquée ; aucun silicate d'alumine de métamorphisme n'y a été observé. Lorsque la foliation existe, elle est nette et régulière et la roche a un aspect rubané.

Au microscope, la texture est granoblastique ou granolépido-blastique, souvent cataclastique. Les minéraux cardinaux sont le quartz, le feldspath potassique, le plagioclase (An 5-An 40), la biotite, parfois l'amphibole. Les myrmékites sont assez abondantes. Comme minéraux accessoires, le grenat, l'apatite, le zircon, la chlorite et les oxydes opaques peuvent être rencontrés.

Le quartz s'observe soit en gros éléments engrenés, brisés, à extinction ondulante, soit en gouttelettes peu abondantes dans les feldspaths.

Le feldspath potassique, toujours plus ou moins déformé, existe en cristaux d'assez grande dimension qui présentent une structure en mortier à leur périphérie.

Le plagioclase (albite-oligoclase), partiellement damouritisé, se rencontre selon deux aspects. Les cristaux du premier type sont souvent déformés ; ils présentent des macles polysynthétiques de type albite parfois associées à celle du péricline ; certains montrent des macles mécaniques en biseau. Les autres, xénomorphes, maclés selon le type albite, ne sont apparemment pas déformés.

La biotite, à pléochroïsme brun rougeâtre à brun-jaune clair, se présente selon trois habitus. Des gros cristaux (les plus abondants), déformés, effrangés, souvent corrodés, soulignent la foliation de la roche. Des cristaux plus petits, parfaitement automorphes, sont sécants sur les précédents. Des petites plages xénomorphes soulignent une schistosité irrégulièrement marquée, sécante sur la foliation. L'amphibole n'est qu'exceptionnellement observable ; lorsqu'elle existe il s'agit de hornblende verte.

ζλ. **Gneiss leptynique rubané.** Des affleurements existent en particulier à la sortie d'Embort, au niveau du regard EDF, où l'on se situe, du point de vue géologique, à la base du groupe leptyno-amphibolique. La roche montre un « rubanement » qui rappelle certains gneiss de ce groupe. Cet aspect est dû à l'alternance de niveaux sombres et de niveaux leucocrates à granulométrie plus grosse et parfois œillés.

Au microscope, la texture est granolépido-blastique ; on observe la paragenèse suivante : quartz, feldspath potassique, plagioclase, biotite ; l'apatite, le grenat et le zircon figurent comme minéraux accessoires ; les myrmékites sont très abondantes.

Ce faciès particulier (tableau 1) résulte probablement de la migmatisation des gneiss du groupe leptyno-amphibolique.

δ. Amphibolite. Les amphibolites, nettement moins abondantes (10 à 30 % de la formation) que les gneiss associés, se présentent généralement en bouclins massifs de dimensions variables (décimétrique à décamétrique), plus rarement en « niveaux » plus continus. Lorsque la série est anatectique, ces roches apparaissent comme un résidu de fusion (barrage de Voussaire).

Les amphibolites ont toujours été observées en concordance avec la foliation des gneiss et elles sont irrégulièrement réparties. Leur composition minéralogique est également très variable.

Au microscope, la roche, de granulométrie très différente selon les échantillons, est en grande partie constituée d'une amphibole de type hornblende verte et de plagioclase (oligoclase-andésine). Le feldspath potassique et la biotite sont beaucoup plus rares. Les minéraux accessoires peuvent être le grenat, le sphène, l'épidote, la calcite, le zircon et les oxydes opaques. Il peut d'autre part exister soit du quartz, soit, plus rarement, du clinopyroxène. Dans la plupart des cas le grenat est stable mais il peut être réactionnel avec la hornblende. A la hauteur du barrage de Voussaire, un petit niveau d'amphibolite est composé par 20 à 30 % de grenats demi-millimétriques.

Dans ces amphibolites, de très rares roches à clinopyroxène—plagioclase—grenat ont été identifiées. Ces roches, bordées d'une couronne réactionnelle rétomorphique, pourraient appartenir au faciès granulite (Marchand, 1974).

δ. Amphibolite serpentinisée. Près du système de faille de Saint-Sauves, à la hauteur de Pont-Vieux, un filon d'amphibolite est presque totalement serpentinisé (à la hauteur du tournant en tête d'épingle de la route N 122).

M. Migmatites. Elles s'observent au Nord de Marchal, en particulier en face de la ferme « les Oustages ». La roche, relativement massive, est grossièrement rubanée. La présence d'enclaves, plus sombres, à granulométrie plus fine, contournées par la foliation, est caractéristique.

Au microscope, la cordiérite très abondante, subautomorphe ou pœcilitique, constitue une véritable trame. Le plagioclase (oligoclase An 10-An 20), le quartz, le feldspath potassique (fortement muscovitisé) et la biotite forment un véritable « ciment » englobant des amas cryptocristallins à minéralogie complexe, souvent secondaire (muscovite, calcite, quartz, feldspath potassique, épidote, biotite).

L'analyse chimique de ce faciès (tableau 1) est comparable à celle des anatexites à cordiérite. La pétrographie laisse cependant envisager une origine différente et peut-être cette roche est-elle une ancienne formation volcano-sédimentaire.

Anatexites. Nous avons distingué des anatexites schisteuses à structure gneissique et des anatexites grenues, si fortement affectées par la mobilisa-

tion que les structures orientées originelles sont estompées. Ces roches sont caractérisées par la présence de cordiérite souvent très abondante ; elle sont irrégulièrement injectées par des roches granitiques filoniennes ou en petits massifs.

γA. Anatexite schisteuse à cordiérite. Ces roches affleurent sensiblement selon deux bandes subparallèles orientées NW-SE, concordantes avec le groupe leptyno-amphibolique. La formation est très hétérogène, les limites de la mobilisation sont très irrégulières et de nombreuses récurrences existent. Des niveaux à grain fin, riches en ferromagnésiens, alternent avec des niveaux à grain plus gros (1 à 2 mm) leucocrates ; cette disposition correspond à la structure stromatique telle que l'a définie Mehnert (1962).

L'étude en lame mince montre les minéraux cardinaux suivants : quartz, feldspath potassique, plagioclase, biotite (+ chloritisée), cordiérite. La sagénite, le zircon et les oxydes opaques constituent les minéraux accessoires.

Le quartz se présente soit en amas de cristaux engrenés, soit en gouttelettes dans les feldspaths et la cordiérite.

Le feldspath potassique, peu abondant, non maclé, semble localisé uniquement dans le leucosome.

Le plagioclase (An 5-An 15) subautomorphe, partiellement séricitisé, présente parfois des macles polysynthétiques de type albite.

La biotite, rarement fraîche, est en général assez fortement chloritisée ; les cristaux sont effrangés et déchiquetés.

La cordiérite, très abondante, se rencontre en prismes automorphes (généralement > 1 mm), mais également en plus petits éléments xénomorphes allongés dans la foliation, ou en plages pœcilitiques. Ce minéral est toujours plus ou moins transformé en un agrégat de produits micacés.

Un phénomène de muscovitisation peut se développer. Parfois, il existe de la sillimanite en amas de fibres incluses dans la cordiérite ou du plagioclase. Le grenat peut également être présent ; parfois, il est relativement abondant et il peut atteindre 0,5 cm (la Thuillère). Ce dernier minéral est généralement associé à de la cordiérite et de la biotite. Près de Gravière, des échantillons contiennent des lentilles centimétriques riches en minéraux ferro-magnésiens. L'étude microscopique a montré que ces lentilles étaient constituées essentiellement par de la cordiérite et de la biotite, plus secondairement par du spinelle et du corindon.

gγA. Anatexite grenue à cordiérite. Cette formation, en passage continu avec les anatexites schisteuses, affleure à l'intérieur du secteur limité par les localités de Lanobre, Bagnols, Saint-Genès-Champespe et Marchal. Ses caractères rappellent les anatexites à cordiérite du « type Aubusson ». La roche, quasiment grenue, sans orientation apparente, est très hétérogène. La cordiérite, en quantité souvent importante, est généralement concentrée en nodules souvent pluricentimétriques. Lorsqu'elle est fraîche, la roche a une couleur grisâtre, mais son altération facile fait qu'elle prend fréquemment une teinte rouille typique.

Une étude microscopique montre une texture granoblastique et les minéraux cardinaux suivants : quartz, feldspath potassique, plagioclase, biotite

(± chloritisée), cordiérite. Comme minéraux accessoires, il peut exister du grenat, du rutile, du zircon, de l'apatite, des oxydes opaques. Dans la plupart des cas, la muscovite existe mais ce minéral secondaire résulte de la transformation de la cordiérite ou du feldspath.

Le quartz forme des plages xénomorphes à extinction ondulante ou des gouttelettes dans les feldspaths ou la cordiérite.

Le feldspath potassique s'observe soit en éléments pœcilitiques, soit en « fantômes ». Les éléments pœcilitiques, non maclés, perthitiques, ont une extinction floue ; ils contiennent en inclusion de la biotite, du plagioclase et du quartz ; ils ne sont que légèrement affectés par la « muscovitisation ». Dans les fantômes, le feldspath est partiellement remplacé par un assemblage à quartz—muscovite.

Le plagioclase (albite-oligoclase) est généralement automorphe ; les macles polysynthétiques de type albite, parfois associées à celles du péricline, sont abondantes ; certains individus ont un léger zonage périphérique.

La biotite se présente en éléments déchiquetés, souvent corrodés par du quartz et plus ou moins totalement transformés en chlorite, oxydes opaques et rutile.

La cordiérite se rencontre en cristaux plus ou moins automorphes, remplacés par des produits micacés, ou en éléments pœcilitiques peu affectés par la phyllitisation.

Le grenat, fréquent mais jamais très abondant, se trouve en cristaux légèrement rosés et de petite taille, souvent inclus dans du plagioclase ou associé à de la cordiérite et de la biotite.

La sillimanite peut exister au Sud du secteur limité par les localités de Mazauriel—Chistreix—Jallandrieux—Freydefont. La réaction de rétroromorphose suivante a été observée : 2 grenat + 4 sillimanite + 5 quartz + 1,5 H₂O → 3 cordiérite

Très exceptionnellement (près de Jallandrieux) l'andalousite a été identifiée. Ce minéral se présente soit en éléments qui semblent être des fragments dispersés de prismes, soit en petites plages xénomorphes ; sa périphérie est bordée de phyllites.

*bl*ζ. **Blastomylonites.** Le terme de blastomylonite (Tempier et Suire, 1979) est pris dans son sens large pour décrire des roches qui ont subi une déformation à chaud et qui ont partiellement recristallisé. Ces deux phénomènes sont plus ou moins fortement marqués, leur importance et leur répartition sont très irrégulières ; dans de très nombreux cas il n'est plus possible de caractériser la roche initiale. Ce type de roche se rencontre dans deux contextes différents et *a priori* indépendants :

— au contact de la série amphibolique et des gneiss migmatitiques sous-jacents, la blastomylonitisation, assez discrète, affecte essentiellement les gneiss ;

— dans la partie est de la feuille (vallée d'Égliseneuve et région de Montboudif ; Le Garrec, 1977), le phénomène est marqué sur toutes les roches métamorphiques et sur la plupart des roches granitiques. Les caractéristiques qui suivent concernent ce dernier secteur où les observations sont les plus favorables.

A l'œil nu, le caractère le plus typique est l'aspect « granulé » des échantillons en section. La muscovite, anormale dans le contexte catazonal de cette région, est souvent visible. Le caractère planaire des roches initialement foliées (anatexites schisteuses, gneiss) tend à disparaître au profit d'une linéation ; dans le cas de roches préalablement grenues (anatexites grenues, granites), l'orientation devient nette.

L'étude microscopique permet d'observer des minéraux antérieurs à la blastèse et d'autres qui lui sont associés ou postérieurs. Tous les minéraux initiaux de la roche montrent des effets de la cataclase (cassure, déformation, étirement...), particulièrement le quartz qui est fortement laminé. Les clastes sont cimentés par les minéraux de recristallisation qui, d'autre part, cicatrisent les « fissures » et se disposent dans les joints de cisaillement. Cette dernière génération de minéraux est représentée, en grande partie par du quartz et de la muscovite et, plus secondairement, par de la biotite et du plagioclase.

Formations granitiques

Excepté le granite porphyroïde de La Tour-d'Auvergne, les unités granitiques n'ont jamais une grande extension dans ce secteur.

γ_H . **Granite du Sillon Houiller.** Il forme une mince bande, à tendance mylonitique, jalonnant la bordure occidentale du Sillon Houiller depuis Sauvagniat, au Nord de Bourg-Lastic, jusqu'à Monestier-Port-Dieu où il donne l'impression de se rattacher au massif d'Ussel. Sur la feuille La Tour-d'Auvergne, sa largeur, souvent très faible vers le Nord (moins de 1 m), augmente vers le Sud où elle doit dépasser 100 m. Il s'agit d'un granite à grain moyen, de couleur bleutée lorsqu'il est frais, à structure planaire plus ou moins cataclastique.

Au microscope, la paragenèse est la suivante : quartz, microcline pœcilitique, plagioclase (oligoclase-andésine) maclé, automorphe ou pœcilitique, biotite parfois chloritisée. Ces minéraux sont plus ou moins déformés. On note aussi la présence de minéraux accessoires comme le zircon, l'apatite et les oxydes opaques.

γ_P . **Granite porphyroïde de La Tour-d'Auvergne.** Il forme un massif, en grande partie masqué par les formations volcaniques et glaciaires, qui affleure au Nord des localités de Bagnols et de Saint-Donat. A l'Ouest, il est limité par la faille de Saint-Sauves qui l'affecte. La roche est de couleur grisâtre, son grain est moyen et elle a généralement une structure porphyroïde (les mégacrists dépassent rarement 2 cm). Selon Scanvic (1955) « c'est un granite qui recoupe la série à l'emporte-pièce ». Il semblerait que le massif possède un faciès de bordure marqué par la diminution de la granulométrie et par l'absence des mégacrists (ce qui confirme d'ailleurs le caractère intrusif).

En lame mince, on peut observer les minéraux suivants : quartz, microcline très perthitique en grandes plages, plagioclase (An 15-An 35) automor-

phe ou subautomorphe, toujours zoné, régulièrement maclé et montrant des phénomènes de syneusis, biotite, chlorite, hornblende verte, apatite, zircon, sphène. L'amphibole ne semble pas appartenir à la paragenèse du granite mais plutôt à des enclaves.

γ_b. Granite à biotite et muscovite. Ces unités intrusives figurent pour une très grande part dans le supergroupe de la Tarentaine où elles constituent des petits massifs ou des filons. Dans le contexte anatectique observé, il est probable que la plupart soient liées à l'anatexie. Les filons, de puissance rarement supérieure au mètre, sont le plus souvent sécants sur la foliation des métamorphites encaissantes. Les massifs les plus importants sont ceux de la Crégut, Auzerette, Valessard, Saint-Genès-Champespe, les Auberts, Bagnols.

Ces granites peuvent être à muscovite, à deux micas, plus rarement à biotite seule. La cordiérite est fréquente.

γ_{b-a}. Granite à biotite et andalousite. Seule l'étude microscopique permet de caractériser ces granites qui forment des petits massifs (Gravière, Crespy) ou des filons (Pont-du-Verdier, Brumessange) ; il est donc très probable que les unités précédentes ne soient pas les seules de la feuille.

La roche est plutôt leucocrate, à grain fin ou moyen. Au microscope, les minéraux cardinaux sont le quartz, le feldspath potassique perthitique, le plagioclase (oligoclase), la biotite et l'andalousite ; la muscovite est présente mais comme produit de réaction (déstabilisation de silicates d'alumine ou de feldspaths). Selon les gîtes il peut, d'autre part, exister de la cordiérite ou/et de la sillimanite. Les minéraux accessoires sont l'apatite, le zircon, le grenat et les oxydes opaques. La sillimanite, lorsqu'elle existe, est du type fibrolite ; elle semble héritée de la série métamorphique encaissante. L'andalousite par contre, relativement abondante, apparaît comme un minéral primaire, comme en témoignent les prismes automorphes. Ces prismes sont toujours bordés d'une couronne réactionnelle de muscovite conformément à la réaction : andalousite + feldspath potassique + H₂O → muscovite + quartz.

En utilisant la courbe de cette réaction définie par Holdaway et Lee (1977), la courbe de fusion des granites définie par ces mêmes auteurs et Winkler (1976), et le champ de stabilité de l'andalousite proposé par Richardson *et al.* (1969), les conditions de cristallisation de ces granites à andalousite peuvent être fixées à : P = 2 à 4 Kb ; T = 660 à 700 °C.

γ_m. Leucogranite. En petits filons (Sud-Ouest de Lavergne ; Sud-Est de la Fraisse), les granites à biotite et andalousite acquièrent un caractère holo-leucocrate à grain fin ou moyen. Le minéral accompagnant le quartz, les feldspaths potassiques et l'oligoclase, est essentiellement la muscovite dont l'origine est pour partie celle qui a été précisée plus haut.

Systemes filoniens

μγ. Microgranite. Les microgranites forment quelques filons qui peuvent atteindre une vingtaine de mètres de puissance. Dans la région de Vernières

(Ouest de Champs) ces filons, orientés N 20 à N 40°E, constituent un véritable linéament qui se prolonge sur la feuille Bort-les-Orgues.

Au microscope, la texture est microgrenue porphyrique. Les phénocristaux sont essentiellement des plagioclases (An 40-An 50) automorphes, zonés, souvent maclés, et des biotites automorphes, régulièrement déformées ; plus accessoirement il existe du quartz xénomorphe, de la chlorite, de l'apatite automorphe. La pâte, microgrenue, est essentiellement quartzofeldspathique avec un peu de biotite. Les myrmékites et les micropegmatites sont abondantes.

aγ. **Aplite.** Les aplites n'existent qu'en filons ; à Lonzauges, elles sont à grenat comme les leptynites et le granite tout proches. Elles sont associées à de rares pegmatites, filoniennes, qui peuvent contenir de la tourmaline ; certaines sont à cordiérite.

FORMATIONS VOLCANIQUES

Laves

(analyses chimiques, tableau 2)

A^β. **Ankaramites.** La majorité des ankaramites est bien cristallisée. Certaines, toutefois, notamment lorsqu'il s'agit d'intrusions de petite taille ou de coulées peu épaisses ont une pâte pour partie (< 10 % de la roche) vitreuse (vA^β, à Tramont, Larodde, Pont-Vieux...).

A l'exception des ankaramites relevant de la province du Mont-Dore, celles qui sont à rattacher au linéament de Saint-Sauves et au Cézallier (Redondeix, Graffauzeix, Lascombe, montagne de la Rodde, Belle-View) contiennent des nodules de péridotite (A_π^β).

A titre d'exemple, l'ankaramite ³A^β du bois de la Masse (DI* = 25) possède 13,5 % de néphéline normative et montre en phénocristaux des olivines (Fo 82), des salites (Wo 51-Fs 15) à forte teneur en TiO₂ (2,0 à 4,1 %) et Al₂O₃ (5,4 à 10,2 %) et de plus rares titanomagnétites.

Dans la pâte, les pyroxènes prédominent largement (33 %) sur les olivines (Fo 75), le labrador-andésine (An 70) et le couple titanomagnétite (Usp 56) – ilménite. Une paragenèse résiduelle comporte de l'anorthose (Or 19), de la biotite-phlogopite et de l'analcime.

Roches basaltiques

Les roches basaltiques (25 < DI < 35) existent dans toutes les provinces de la carte et, dans chacune d'elle, dans tous les cycles. Les différences notées entre les différents types de basaltes tiennent à leur degré de sous-saturation en silice, aux paragenèses phénocristallines ou à leur type de structure cristalline.

* DI : indice de différenciation ; cf. chapitre Volcanisme.

Tableau 2 – Sélection d'analyses chimiques des laves des 3 cycles du massif du Mont-Dore et de la série de l'Artense

Massif du Mont-Dore

Série inférieure

Pourcentages d'oxydes	1	2	3	4	5
SiO₂	42,20	42,90	47,00	60,00	64,75
TiO₂	3,10	3,00	2,50	0,98	0,58
Al₂O₃	13,50	14,00	15,00	18,22	17,16
Fe₂O₃	1,50	1,50	1,50	1,50	1,29
FeO	10,35	9,81	8,82	2,68	1,51
MnO	0,20	0,19	0,18	0,25	0,04
MgO	11,50	11,80	7,50	0,82	0,61
CaO	12,00	11,40	10,60	3,47	1,71
Na₂O	2,60	3,20	3,45	5,62	6,14
K₂O	1,80	1,45	1,65	4,27	5,15
P₂O₅	—	—	—	—	0,16
H₂O⁺	0,46	0,37	2,01	1,54	0,58
H₂O⁻	0,16	0,27	0,24	—	0,19
Somme	99,37	99,89	100,46	99,35	99,87

Composition normative : (Fe₂O₃ bloqué à 1,5 %)

APAT	—	—	—	—	0,35
ILME	5,89	5,70	4,75	1,86	1,10
ORTH	—	4,59	9,75	25,23	30,43
LEUC	8,34	3,12	—	—	—
ALBI	—	—	14,41	47,55	51,95
NEPH	11,92	14,67	8,01	—	—
ANOR	19,85	19,55	20,57	11,88	4,05
CORIN	—	—	—	—	—
AEGY	—	—	—	—	—
MAGNE	2,17	2,17	2,17	2,17	1,87
HEMA	—	—	—	—	—
DIACA	15,79	15,45	13,37	2,23	1,46
DIOMG	10,14	10,15	7,94	0,99	0,89
DIOFE	4,62	4,22	4,76	1,23	0,48
HYPMG	—	—	—	1,05	0,63
HYPFE	—	—	—	1,31	0,34
FORS	12,97	13,48	7,53	—	—
FAYA	6,50	6,16	4,96	—	—
QUART	—	—	—	2,33	5,60
SOMME	98,76	99,26	98,22	97,84	99,16
DI	20,84	22,38	32,17	75,12	87,99

1 : ankaramite, les Croûtes (Mossand, 1983) ; 2 : ankaramite, la Montagne d'Ance (Mossand, 1983) ; 3 : basanite, la Morangie (Mossand, 1983) ; 4 : trachyte, bois de Crève-cœur (Mehdizadeh, 1979) ; 5 : trachyte comenditique, Loubazeix (Musengié, 1978).

Tableau 2 – Sélection d'analyses chimiques des laves des 3 cycles du massif du Mont-Dore et de la série de l'Artense (suite)

Massif du Mont-Dore

Série moyenne

Pourcentages d'oxydes	6	7	8	9	10	11
SiO₂	43,93	47,18	50,76	52,50	52,50	61,10
TiO₂	3,07	2,80	2,37	2,15	2,10	1,05
Al₂O₃	12,76	17,08	17,56	15,80	16,20	19,11
Fe₂O₃	1,50	1,50	1,50	5,73	3,16	4,80
FeO	10,28	8,91	4,84	2,68	4,63	–
MnO	0,06	0,08	0,10	0,15	0,15	0,04
MgO	10,91	4,12	3,46	5,90	5,80	0,05
CaO	12,02	9,19	7,57	7,10	7,30	2,52
Na₂O	3,10	4,74	3,87	4,20	4,20	6,40
K₂O	1,26	2,22	3,29	3,50	3,60	4,37
P₂O₅	0,26	1,58	0,53	–	–	0,36
H₂O⁺	0,80	1,20	3,57	0,30	–	1,06
H₂O⁻	0,07	0,12	0,95	0,11	0,10	0,36
Somme	100,02	100,72	100,37	100,12	99,74	101,22

Composition normative : (Fe₂O₃ bloqué à 1,5 %)

APAT	0,57	3,45	1,16	–	–	0,85
ILME	5,83	5,32	4,50	4,08	3,99	0,09
ORTH	7,45	13,12	19,44	20,68	21,27	25,82
LEUC	–	–	–	–	–	–
ALBI	3,05	22,28	30,08	28,76	26,88	54,16
NEPH	12,56	9,66	1,44	3,67	4,69	–
ANOR	17,18	18,77	20,83	13,92	14,72	10,38
CORIN	–	–	–	–	–	0,05
AEGY	–	–	–	–	–	–
MAGNE	2,17	2,17	2,17	5,29	4,58	–
HEMA	–	–	–	–	–	4,80
DIOCA	17,09	7,32	5,68	8,89	8,98	–
DIOMG	10,90	3,54	3,65	6,94	6,79	–
DIOFE	5,10	3,68	1,66	0,98	1,27	–
HYPMG	–	–	–	–	–	–
HYPFE	–	–	–	–	–	–
FORS	11,41	4,71	3,48	5,43	5,36	2,59
FAYA	5,87	5,39	1,74	0,84	1,11	–
QUART	–	–	–	–	–	–
SOMME	99,16	99,40	95,85	99,48	99,64	99,87
DI	23,05	45,06	50,97	53,12	52,85	82,57

6 : ankaramite, Saint-Donat (Mehdizadeh, 1979) ; 7 : hawaiiite, roc de Courlande (Musengié, 1978) ; 8 : ordanchite, Reboisson (Musengié, 1978) ; 9 : doréite, Super-Chastreix (Baubron *in* Lavina, 1985) ; 10 : doréite, Super-Chastreix (Baubron *in* Lavina, 1985) ; 11 : trachy-phonolite tephritique, ruisseau des Chambasses (Villemant, 1979).

Tableau 2 – Sélection d'analyses chimiques des laves des 3 cycles du massif du Mont-Dore et de la série de l'Artense (suite)

Massif du Mont-Dore

Série supérieure

Pourcentages d'oxydes	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO₂	42,51	43,25	46,10	50,00	52,08	52,40	61,90	63,80	60,08
TiO₂	3,62	3,32	3,30	2,40	2,52	2,10	1,20	1,10	1,07
Al₂O₃	13,85	14,03	17,29	16,55	15,72	16,20	17,54	16,40	18,95
Fe₂O₃	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
FeO	9,82	10,04	9,07	7,20	6,33	6,75	1,80	2,21	1,74
MnO	–	0,04	–	0,20	0,22	0,15	–	–	0,64
MgO	10,41	9,23	4,51	7,10	4,61	4,70	1,53	1,40	0,08
CaO	12,80	12,49	10,25	8,50	7,84	4,90	4,94	2,60	2,05
Na₂O	2,74	3,21	4,07	3,85	4,14	4,00	4,90	4,70	6,01
K₂O	1,57	1,68	2,47	2,60	3,19	3,40	4,55	4,50	5,73
P₂O₅	0,45	0,96	0,57	–	0,36	–	0,35	0,25	0,25
H₂O⁺	0,47	1,08	0,41	0,24	0,78	0,76	0,26	0,50	1,23
H₂O⁻	–	0,34	–	0,17	0,85	0,05	–	0,50	0,16
Somme	99,74	101,17	99,54	100,31	100,33	99,11	100,47	99,45	99,49

Composition normative : (Fe₂O₃ bloqué à 1,5 %)

APAT	0,98	2,10	1,25	–	0,79	–	0,76	0,55	0,55
ILME	6,88	6,31	6,27	4,56	4,79	3,99	2,28	2,09	2,03
ORTH	4,64	9,93	14,60	15,36	18,85	20,09	26,89	26,59	33,86
LEUC	3,64	–	–	–	–	–	–	–	–
ALBI	–	1,62	11,79	20,81	29,00	29,83	41,46	39,77	49,01
NEPH	12,56	13,83	12,27	6,37	3,27	2,17	–	–	1,00
ANOR	20,86	18,91	21,61	20,20	14,89	16,21	12,43	10,36	7,81
CORIN	–	–	–	–	–	–	–	–	–
AEGY	–	–	–	–	–	–	–	–	–
MAGNE	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
HEMA	–	–	–	–	–	–	–	–	–
DIOCA	16,70	15,62	10,81	9,17	9,14	7,53	4,18	0,45	0,37
DIOGM	10,96	9,71	5,58	5,82	5,40	4,29	3,56	0,32	0,05
DIOFE	4,58	4,99	4,96	2,77	3,29	2,92	0,08	0,09	0,36
HYPMP	–	–	–	–	–	–	0,25	3,17	–
HYPFE	–	–	–	–	–	–	0,01	0,91	–
FORS	10,49	9,30	3,96	8,31	4,26	5,20	–	–	0,10
FAYA	4,82	5,26	3,87	4,35	2,96	3,90	–	–	0,79
QUART	–	–	–	–	–	–	6,20	12,13	–
SOMME	99,28	99,76	99,14	99,91	98,71	98,30	100,28	98,60	98,10
DI	20,84	25,39	38,65	42,55	51,12	52,10	74,55	78,49	83,87

12 : ankaramite, puy de Chambourguet (Brousse, 1961) ; 13 : ankaramite, plaine des Moutons (Musengié, 1978), 14 : hawaïite, roc de Courlande (Brousse, 1961) ; 15 : hawaïite, puy des Crebasses (Bourdier, 1980) ; 16 : doréite, la Morangie (Brousse, 1961) ; 17 : doréite, coulée nord du puy de Pailleret (Gourgau, 1985) ; sancyite, roc de Courlande (Brousse, 1961) ; 19 : sancyite, sommet du puy de Sancy (Brousse, 1961) ; 20 : trachy-phonolite, roc des Tuiles (Mehdizadeh, 1979).

Tableau 2 – Sélection d'analyses chimiques des laves des 3 cycles du massif du Mont-Dore et de la série de l'Artense (suite)

Série de l'Artense (analyses M.J. Le Garrec, 1988)

Pourcentages d'oxydes	21	22	23	24	25
SiO₂	47,04	50,10	51,20	47,97	51,87
TiO₂	2,74	2,10	1,90	2,32	1,89
Al₂O₃	15,63	16,30	16,10	16,31	17,91
Fe₂O₃	2,27	10,10	8,90	1,50	2,61
FeO	8,38	–	–	7,39	5,45
MnO	0,17	–	–	0,18	0,19
MgO	7,56	5,60	5,90	5,36	2,77
CaO	9,57	9,10	8,70	8,68	5,50
Na₂O	3,28	4,60	5,00	3,29	4,19
K₂O	1,56	2,10	2,20	2,96	2,77
P₂O₅	0,75	–	–	0,66	0,69
H₂O⁺	0,65	–	–	1,80	2,14
H₂O⁻	0,24	–	–	0,71	0,93
Somme	99,84	100,00	99,90	99,13	98,91

Composition normative : (Fe₂O₃ bloqué à 1,5 %)

AP	1,64	–	–	1,44	1,51
ILM	5,20	3,99	3,61	4,41	3,59
OR	9,22	12,41	13,00	17,49	16,37
AB	21,93	22,42	24,65	20,28	35,45
NE	3,16	8,94	9,57	4,10	–
LE	–	–	–	–	–
AN	23,32	17,63	14,99	20,99	21,88
MT	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
DI CA	8,25	11,49	11,76	7,59	0,56
DI MG	4,90	6,54	7,23	4,36	0,26
DI FE	2,93	4,47	3,87	2,90	0,30
FO	9,76	5,19	5,23	6,30	0,69
FA	6,40	3,90	3,08	4,59	0,86
D.I.	34,30	43,77	47,22	41,87	51,82

21 : basalte, coulée des Courtilles (près d'Égliseneuve-d'Entraigues) ; 22 et 23 : hawaiiites, coulée de la vallée d'Égliseneuve-d'Entraigues ; 24 : hawaiiite des Aveix ; 25 : mugéarite de la Croix-Neuve.

β_{π} . **Basanite à nodules de péridotite.** Les basanites à fort déficit en silice normative (néphéline et leucite) et à feldspathoïdes exprimés (néphéline, analcime et leucite), existent dans les deux provinces associées aux linéaments du Sillon Houiller (Banelly) et de Saint-Sauves (Gouzoux, la Fraisse), ainsi que dans l'extrême marge ouest du Cézallier, dans l'Artense (pied de l'Hivernal, la Thuillière, Charlut). Généralement porphyriques, à phénocristaux d'olivine, pyroxène, titanomagnétites et rares plagioclases (An 48-52), ces roches comptent, en plus, dans la pâte, des feldspaths alcalins, de la néphéline, de l'analcime et, dans les trois derniers cas cités, de la leucite. Toutes ces roches ne constituent que de petits dômes intrusifs, dépourvus de brèches mais contenant, par contre, souvent (la Thuillière) de gros nodules de péridotite.

β_{o-p} . **Basalte à phénocristaux d'olivine et pyroxène ; β_o . Basalte à phénocristaux d'olivine ; β_p . Basalte à phénocristaux de pyroxène et amphibole.** Les basaltes les plus classiques dans les provinces du Mont-Dore (cycles inférieur et moyen) et du Cézallier, sont des basaltes à phénocristaux d'olivine et pyroxène (β_{o-p}), plus rarement à olivine seule (β_o), ou encore à pyroxène et fantômes d'amphibole déstabilisée (β_p). Lorsque dans la pâte des basaltes à olivine et pyroxène existent quelques fractions vitreuses, ces roches ont été notées $v\beta_{o-p}$.

Il s'agit de basaltes alcalins dont le déficit en silice varie de 15 % pour les termes les plus basiques (DI = 25) à 5 % pour les plus évolués (DI = 35).

On a donc affaire en toute rigueur à des basanites, mais le déficit en silice reste normatif sans que les feldspathoïdes soient généralement exprimés (basanitoïdes). A titre d'exemple, le basanitoïde de la montagne d'Ance possède 24 % de phénocristaux d'olivine (Fo 82), de salite et de titanomagnétite. Dans la pâte, les olivines (Fo 76), les salites et les titanomagnétites ont globalement la même importance que le labrador (An 69). La paragenèse résiduelle dans la mésostase possède de l'andésine (An 45), de l'apatite, de l'analcime (et plus rarement de la néphéline), de la sanidine (Or 45), de la phlogopite titanifère (TiO_2 : 7 à 8 %) et exceptionnellement de la leucite (basanitoïde dont le rapport Na_2O/K_2O est inférieur à 1,66).

$do\beta_o$. **Basalte doréitique.** Ils sont limités à la lignée saturée de la série supérieure du Mont-Dore ; comme toutes les roches de cette lignée, ils possèdent de la sanidine en phénocristaux dont les angles sont émoussés ; il s'agit, en réalité, de cumulats provenant de zones hautes plus différenciées de la chambre magmatique dans laquelle a évolué la lignée saturée. Les phénocristaux de sanidine voisinent avec l'olivine et le pyroxène. Il existe également quelques plagioclases globuleux zonés dont certains ont un aspect nuageux dû à l'incorporation de nombreuses inclusions vitreuses acquise au cours de leur croissance rapide. Dans l'écorce des filons comme dans les laves des intrusions de petite taille, on peut trouver une fraction vitreuse ($vdo\beta_o$).

Hawaiites

H^{β} . **Hawaiite aphyrique ou à rares phénocristaux d'olivine, pyroxène et plagioclase ; H_a^{β} . Hawaiite à phénocristaux d'olivine, pyroxène et amphibole.** Les hawaiites ont un DI compris entre 35 et 50 ; ce sont en quelque

sorte des basaltes plus clairs, longtemps dénommés régionalement **labradorites**. A ce niveau d'évolution, et à la différence des basaltes, le plagioclase devient un élément de fractionnement et participe à la phase phénocristalline.

Elles sont soit aphyriques (\mathbf{H}^β : coulées de Montbaillard, Rosier-Soubre,...), soit à phénocristaux d'olivine rare, de pyroxène et parfois d'amphibole (\mathbf{H}_a^β : longue coulée affleurant autour des côtes 1 260 - 1 280 m depuis la vallée de la Trentaine jusqu'à Vassivières).

Les hawaïites des Aveix—Chirouzes, autour du lac de l'Esclauze, n'ont que des phénocristaux d'olivine (Fo 87) et de salites (5%), mais dans la mésostase persiste un verre brun abondant à composition de trachy-phonolite. Cet ensemble, qui recèle des nodules de péridotite (${}_v\mathbf{H}_7^\beta$), a subi un hydrométamorphisme local développant des carbonates (aragonite et sidérite) et des zéolites.

Dans les projections hydromagmatiques du maar du plateau de Mathusalem, la pâte est restée exceptionnellement, pour partie, vitreuse (${}_v\mathbf{H}^\beta$). L'hawaïite du roc de Courlande (${}^1\mathbf{H}^\beta$), avec un DI égal à 45, se présente sous forme d'une coulée à débit en plaquettes. Cette lave est porphyrique avec prépondérance des titanomagnétites sur les olivines (Fo 87). Il faut y ajouter 1 à 2% de kaersutites déstabilisées à leur marge, ou plus largement dans les zones à refroidissement rapide du toit et de la base de la coulée. Dans la pâte, l'analcine est encore présente ce qui témoigne d'une sous-saturation persistante en silice des termes hawaïtiques (9,6% de néphéline).

Mugéarites

Les mugéarites, définies par leur indice de différenciation (DI) compris entre 50 et 65, roches intermédiaires de teinte grise, existent dans les 2 séries, moyenne et supérieure, du massif du Mont-Dore (cf. chapitre Volcanisme).

Dans la série moyenne, relativement peu représentée sur le versant sud et sud-ouest montdorien, affleurent des **ordanchites** relevant de la série sous-saturée. A la série supérieure appartiennent les **doréites** qui, à l'inverse, sont très largement représentées et constituent l'essentiel à la fois de la structure volcanologique et de la morphologie de la région.

Dans la province de l'Artense, les deux dômes-coulées de mugéarites de l'extrême Sud de la carte, près d'Espinassouze, sont différents de leurs équivalents montdoriens de par leur aspect global, leur pétrographie et leur minéralogie.

Ordanchites

O. Ordanchite. Longtemps ces roches ont été considérées comme étant uniquement cantonnées dans la région nord du massif du Mont-Dore (feuille Bourg-Lastic). Il existe toutefois des exceptions, rencontrées sur la feuille

La Tour-d'Auvergne : à Reboisson, et d'une manière plus globale dans les hautes vallées de la Burande et de Chastreix, se trouvent des empilements de coulées d'ordanchites à hâüyne.

Ces laves possèdent une paragenèse phénocristalline à pyroxène, amphibole, plagioclase et hâüyne alors que dans la pâte s'ajoute, en général, de l'analcime. A titre d'exemple (Musengié, 1978), le dyke d'ordanchite de Reboisson possède en phénocristaux : de l'olivine (1%), du pyroxène (21,6%), du plagioclase (21,5%), de l'amphibole (6,9%), de la biotite (2,2%), des minéraux opaques (3%) et de la hâüyne (1%).

Les coulées, peu épaisses, sont généralement débitées en plaquettes qui rendent compte de leur écoulement laminaire.

Doréites

Elles forment des coulées qui, depuis la crête du puy de Sancy, s'épanchent sur les versants sud-est et sud-ouest du Mont-Dore en recouvrement des laves de la série moyenne. Elles constituent des avancées (comblement d'anciennes vallées radiaires) à la hauteur notamment de Champbourguet, de Super-Chastreix et de la Morangie pour ce qui est du versant sud-est, et de Vassivières et Super-Besse au niveau des versants sud et sud-ouest.

Toutes ces laves, relativement peu porphyriques, vacuolaires en surface, possèdent des plagioclases et des cristaux aux angles arrondis de sanidine. Il s'y adjoint, selon les cas, de l'olivine, du pyroxène, de l'amphibole et de la biotite. C'est la présence de ces cristaux ferromagnésiens qui est retenue comme critère de distinction entre les différents types de doréites depuis celles qui possèdent encore des olivines (**D_o**, **D_{o-b}**), comme en avaient les basaltes doréitiques précédemment décrits, jusqu'à celles qui, en l'absence d'olivine, possèdent un minéral hydroxylé : biotite (**D_{p-b}**) ou amphibole (**D_a**).

D_o. Doréite à phénocristaux d'olivine et pyroxène (associés à plagioclase et sanidine). Les coulées de doréite à olivine et pyroxène sont particulièrement bien développées dans la région de Super-Chastreix où, en raison de leur âge très jeune (de l'ordre de 0,2 Ma), elles ont conservé une partie de leur morphologie d'origine, avec notamment des levées latérales de part et d'autre d'un axe effondré. La vue depuis les collines qui entourent la station du Super-Chastreix en direction des pentes venant du Sancy, est, à ce titre, particulièrement éloquente et pédagogique.

D_{o-b}. Doréite à phénocristaux d'olivine, pyroxène et biotite (associés à plagioclase et sanidine). Ces roches constituent des coulées interstratifiées avec les précédentes, notamment dans la région de la Fontaine-Salée et sous le puy Gros.

A la différence des précédentes, elles contiennent de la biotite en phénocristaux et aussi en paillettes tardives tapissant les vacuoles, ce qui témoigne de leur enrichissement en potassium.

D_{p-b}. Doréite à phénocristaux de pyroxène et biotite (associés à plagioclase et sanidine). Ce type de doréite est relativement abondant dans la

région de Super-Besse et dans la vallée de Chaudéfour. Dans ces roches, l'olivine est soit exceptionnelle, soit absente. La paragenèse phénocristalline est, de ce fait, limitée à des pyroxènes, de la biotite, des plagioclases et de la sanidine.

Dans la pâte, au chimisme légèrement excédentaire en silice (quartz normatif), s'individualisent des pigeonites (Maury et Brousse, 1978) qui sont présentes dans une gamme de 10 unités de DI, marquant la transition entre le domaine sous-saturé basaltique et le domaine sursaturé doréito-sancyitique.

Da. Doréite à phénocristaux de pyroxène et amphibole (associés à plagioclase et sanidine). Les coulées de doréites à pyroxène et amphibole sont présentes sur tout le pourtour sud du Mont-Dore, en intercalation avec les autres variétés de doréites, et elles sont également relativement fréquentes autour du puy de Palleret.

α M. Mugéarite de l'Artense. Les deux dômes-coulées de mugéarites de la Croix-Neuve (analyse 25, tableau 2) ont un DI de 52 et ont globalement l'aspect de dômes phonolitiques dont les gros prismes sont subdivisés en dalles. Les roches, aphyriques, devenant blanchâtres par altération, possèdent, dans la pâte, clinopyroxènes, minéraux opaques, plagioclases et anorthoses. De rares olivines, quelques granules de sphène, des plages de biotite constellées d'aiguilles d'apatite, sont à ajouter.

La coulée du bois Noir, sous le pont de la Clamouze, présente l'aspect de ces mugéarites, avec aussi des prismes plurimétriques subdivisés en lauzes régulières. Cette fois, la roche est porphyrique avec des plagioclases, de rares sanidines, des pyroxènes, de la hornblende partiellement déstabilisée et des minéraux opaques. Dans la pâte se trouvent les mêmes constituants. Les xénocristaux y sont relativement abondants.

Benmoréites

Les benmoréites sont des laves différenciées dont le DI est compris entre 65 et 90. Elles relèvent de deux grands groupes ; l'un, sous-saturé, est celui des **trachy-phonolites** ; l'autre, sursaturé, celui des **sancyites**.

Le premier ensemble appartient au cycle moyen et le second au cycle supérieur. Il faut toutefois noter une exception : celle du trachy-phonolite du roc des Tuiles qui, âgé de $0,81 \pm 0,05$ Ma (Bellon, 1979), appartient au cycle supérieur.

Trachy-phonolites

$\tau\Phi$ T. Trachy-phonolite téphritique ; $\tau\Phi$. Trachy-phonolite. Ces roches ont l'aspect classique des phonolites de par leur couleur noire verdâtre devenant blanche par dissolution sélective des feldspathoïdes. Leur débit est également en plaquettes (lauzes), que l'on ait affaire à des dômes ou à des coulées.

Cet aspect macroscopique de phonolite est obtenu à partir de laves qui ne sont cependant pas holoalcalines et qui n'ont pas un taux d'alcalins ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) atteignant 13 %. Ce sont des trachy-phonolites, relativement peu déficitaires en silice et possédant, par ailleurs, du plagioclase associé aux anorthoses.

En fonction de la quantité de plagioclase présente, deux types de trachy-phonolites sont reconnus : d'une part des *trachy-phonolites tephritiques*, proches des ordanchites ; d'autre part des *trachy-phonolites s.s.*, plus franchement alcalins.

- Trois dômes de **trachy-phonolites téphritiques**, pour partie masqués par le recouvrement de doréites, existent sur le versant sud-ouest du Mont-Dore et appartiennent à la série inférieure. Le dôme de Crève-Cœur, en rive droite de la Durande, intrusif dans les granites de La Tour-d'Auvergne, dans les argiles oligocènes de la Gerbodie ou encore dans la nappe de ponces externe des Gosses, est la plus grande de ces intrusions. Vient ensuite, par la taille, le dôme du ruisseau de Chambasse, intrusif dans les coulées d'ordanchites et dans les terrains volcano-sédimentaires qui les surmontent. Le troisième dôme se trouve dans les bois de la Fontaine-Salée.

Dans ces trois cas, le trachy-phonolite, largement porphyrique, possède essentiellement des phénocristaux de plagioclase ; l'anorthose, le pyroxène, la titanomagnétite et l'amphibole sont subordonnés. Dans la pâte, où l'amphibole manque, s'adjoint une phase interstitielle feldspatho-analcimique.

- Les **trachy-phonolites stricto sensu** sont présents dans la même région, mais cette fois sous la forme de dykes, à la hauteur de la Gerbodie, de Reboisson (Brousse et Varet, 1966) et de la Bourioune. Ce sont des laves moins porphyriques que les précédentes, à phénocristaux de sanidine et plus rares plagioclases, pyroxènes, amphiboles et haüyne. Dans la pâte, l'analcime et, plus rarement, la néphéline sont présentes. Les dykes signalés recoupent les laves de la série moyenne mais appartiennent à cette série. Il en est tout autrement du trachy-phonolite du roc des Tuiles qui perce au travers des doréites. Il s'agit, en effet, d'une exceptionnelle lave différenciée sous-saturée, appartenant au cycle supérieur.

Un doute persiste quant à l'âge du filon de trachy-phonolite qui, à la cote 1 320 m, recoupe une nappe de ponces dans le ruisseau de la Morangie. Il semble que les coulées d'ankaramites du bois de la Masse ou les coulées de doréites de la Montagne-Haute le recouvrent, ce qui laisse à penser que ce trachy-phonolite appartient à la série moyenne. En raison de son état d'altération avancé, une datation absolue fiable est difficile à obtenir.

Sancyites

Les sancyites sont des roches fortement porphyriques, pouvant contenir jusqu'à 50 % de grands cristaux centimétriques (jusqu'à 7 cm) de sanidine Or 50 (Mehdizadeh, 1979). Cet enrichissement en feldspaths alcalins est d'origine mécanique et a été réalisé dans la chambre magmatique, vraisemblablement par flottation, les cristaux de sanidine étant allégés par une gaine de gaz. De fait, ces mégacristaux, connus autrefois sous l'appellation de

« sanidines d'Auvergne », sont très riches en inclusions gazeuses, inclusions magmatiques et minérales. Les cristaux ont crû rapidement et ils sont très fréquemment maclés, la loi d'association la plus fréquente étant celle de Carlsbad. Les différents types de sancyites reconnus sont fonction de la qualité des autres minéraux qui accompagnent les sanidines et les plagioclases.

On distingue les sancyites à phénocristaux d'olivine, de pyroxène et de biotite (S_0), proches des doréites ; les sancyites sans olivine, à pyroxène et biotite (S_{b-s}) ; les sancyites hololeucocrates, plus évoluées, dont les minéraux ferromagnésiens spécifiques sont les biotites (${}_hS$). Le dernier type est constitué par des benmoréites qui, exceptionnellement, ne possèdent pas de sanidine en phénocristaux (S_b).

S_0 . Sancyite à phénocristaux d'olivine, pyroxène et biotite. Ces roches sont identiques à celles qui constituent le seuil de la Grande-Cascade (en rive droite de la Dordogne, à la hauteur de la ville du Mont-Dore) sur la feuille Bourg-Lastic. Sur la carte La Tour-d'Auvergne, sur le versant sud du Mont-Dore, elles correspondent à deux dômes sous le Pallaret et à l'Est du puy Gros. Comme à la Grande-Cascade, les olivines, rares, sont en déséquilibre avec la lave et elles peuvent être regardées comme l'une des preuves d'un mélange de magma (Gourgaud, 1985).

S_{b-s} . Sancyite à phénocristaux de pyroxène et biotite. Ce sont les sancyites les plus abondantes ; elles constituent la majorité des dômes et dômes-coulées du versant sud du Mont-Dore. La biotite, relativement abondante, y est stable et elle est accompagnée par des augites et de grands cristaux d'apatite noircie par de minuscules inclusions d'oxydes opaques. Le zircon est présent. Dans la pâte, où la biotite est absente, cristallise en abondance les formes de haute température de la silice, cristobalite et tridymite.

${}_hS$. Sancyite hololeucocrate à phénocristaux de biotite. Les sancyites hololeucocrates sont dépourvues de phénocristaux noirs, à l'exception de quelques rares plaquettes de biotite. A côté des sanidines, rares plagioclases et biotites déjà signalées, on trouve des prismes limpides d'apatite (sans inclusions). Ces laves constituent des dykes dans la vallée de Chaudefour, dykes de roches très blanches aisément altérables. Ce sont les laves les plus différenciées de la série du cycle supérieur puisqu'il n'existe pas de rhyolites dans cette phase ultime de construction.

S_b . Benmoréites à phénocristaux de pyroxène et biotite (${}_vS_b$. **Faciès vitreux).** Ces roches, sans sanidine visible, forment un dôme-coulée dans le cirque de Super-Besse et elles sont aussi présentes dans la partie haute du cirque de Chaudefour. Elles ont localement une pâte, pour partie vitreuse (${}_vS_b$), notamment à la hauteur du col de Couhay.

T_c . Comendite. Ce sont les roches les plus riches en silice de la feuille La Tour-d'Auvergne. Il s'agit plus précisément de trachytes comenditiques possédant de 10 à 15 % de quartz exprimés dans la pâte. Le dôme de Loubaizeix (240 x 200 m) est intrusif dans les argiles oligocènes de la Gerbodie mais recouvert par les coulées de la série moyenne et de la série supérieure. Il est, de fait, à rattacher à la série inférieure. Un second dôme plus petit existe à la

cote de 1 200 m (l'Esparverie), dans le ruisseau du buron de Laty-de-Cadet. A Loubazeix, la roche est presque entièrement faite de cristaux d'anorthose qui se sont mutuellement gênés dans leur croissance et qui sont tous xénomorphes et cassés. Dans les interstices de cette structure protoclastique, cristallisent de l'augite aegyrienne (1 %), de l'amphibole bleue de type arfvedsonite (0,5 %), de la biotite (1,6 %), et du quartz (environ 12 %). Sphère et minéraux opaques sont présents. La roche se débite en plaquettes qui ont été recouvertes par des oxydes de manganèse formant des pustules ou des dendrites, déposées par des fumeroles tardi-magmatiques.

La minéralogie comparée des laves relevant des séries inférieure- moyenne et supérieure du Mont-Dore, indexées respectivement 1, 2 et 3 sur la carte, sera aisée à établir à partir de la lecture du tableau 3 (en pages centrales).

Tephra associés

Tout le volcanisme représenté sur la carte La Tour-d'Auvergne, quelque soit la province volcanologique auquel il est rattaché, est anté-glaciaire. De ce fait, toute carapace de tephra a été dégagée par les glaciers dans les zones sommitales ou par les phénomènes périglaciaires dans les zones marginales. En surface, n'affleurent plus que les formations massives laviques, les tephra qui les surmontaient n'étant plus conservés qu'exceptionnellement sous forme de buttes-reliques (la Genestre, Chaire, les Ages). Par contre, les tephra qui sont interstratifiés entre des coulées ont été protégés et ils sont, bien sûr, conservés en affleurement.

Chaque cycle d'une construction possède son cortège de tephra et il est possible d'établir un téphrostratigraphie dans la mesure où les matériaux classiques sont d'origine pyroclastique et ont eu une large couverture areale. C'est le cas des nappes de ponces (Ménard, 1979).

Le cycle inférieur (d'exposant 1 sur la carte) possède peu de dépôts pyroclastiques (¹pc) dans la région externe de la feuille La Tour-d'Auvergne. Par contre, des terrains volcano-sédimentaires à répartition épisodique entre les coulées (¹t-vs) se trouvent en plus grande abondance.

Dans la série moyenne (d'exposant 2) sont représentées la grande nappe de ponces externe et des répliques de moindre extension (²pc). Localement, affleurent également des terrains volcano-sédimentaires (²t-vs), notamment au toit des nappes de ponces. La série supérieure (d'exposant 3), possède des nappes à composition sancyitique, essentiellement cantonnées dans le secteur de Super-Besse et qui s'étalent plus à l'Est (feuille Besse-en-Chandesse). Leur âge, obtenu plus en aval, est de l'ordre de 0,8 Ma (³pc).

Les seules formations pyroclastiques mises en place au cours de la réactivation quaternaire, sont des cônes de scories.

En ce qui concerne la description détaillée des nappes de ponces, de leur minéralogie et de leur extension, nous renvoyons à la notice de la feuille Bourg-Lastic (Brousse *et al.*, 1989), car le développement des nappes de pon-

ces est, tant en puissance verticale qu'en extension latérale, extrêmement faible comparé à ce qu'elles sont dans le secteur central de la fosse de la Haute-Dordogne.

Nappes de ponces, tephra et volcano-sédimentaire associés

¹pc. **Nappe de ponces de la série inférieure ; ¹t-vs. Tephra et volcano-sédimentaire associés.** Quelques affleurements ponctuels entre le socle et les premières coulées basaltiques sont à signaler au Sud de la Morangie (la Vergne et Exclus) ou encore la cote 1 000 m, en rive droite du ruisseau de Neuffonds. La nappe de ponces, remaniée, de couleur jaune grisâtre, est relativement pauvre en enclaves. Elle possède des quartz magmatiques. Dans le volcano-sédimentaire qui la surmonte, notamment dans le ruisseau de Neuffonds, existent des lits d'oolites volcaniques (Brousse, 1964).

²pc. **Nappe de ponces de la série moyenne ; ²t-vs. Tephra et volcano-sédimentaire associés.** Cette nappe affleure dans le ruisseau de la Fontaine-Salée (cote 1 210 m) et dans le ruisseau de Reboisson (cote 1 040-1 080 m). Riche en ponces fibreuses, très étirées, blanches, cette nappe possède aussi d'abondants cristaux de feldspath et des quartz bipyramidés d'origine magmatique. Les niveaux de remaniement sont souvent conglomeratiques (ruisseau de la Fontaine-Salée).

³pc. **Nappe de ponces de la série supérieure ; ³t-vs. Tephra et volcano-sédimentaire associés.** Aux alentours de Super-Besse (Besson *et al.*, 1977 ; Besson, 1978), le long de la route qui dessert la station, dans les ruisseaux de la Trentaine et de Neuffonds, cette nappe remaniée, pulvérulente, blanchâtre, à ponces fibreuses argilisées, affleure, donnant un aspect terreux brunâtre. La richesse en blocs enallogènes est variable. On compte parmi les minéraux magmatiques, les feldspaths (plagioclases et sanidine), des prismes trapus (1 mm) d'augite verte, du sphène, de la biotite, du zircon et de l'apatite.

Dans le volcano-sédimentaire qui lui est associé, se trouvent souvent des blocs arrondis de sancyite. Les sanidines y sont fréquentes. Une analyse K/Ar de ces minéraux (Bellon *in* Ménard, 1979) fournit un âge radiométrique de $1,3 \pm 0,1$ Ma, qui paraît largement surestimé par rapport à l'âge réel.

Dans la région centrale des ravins du Sancy et de Chaudefour, les terrains volcano-sédimentaires sont très développés et subhorizontaux, aux zones de contact avec des intrusions près. Les processus de dépôt qui leur ont donné naissance sont variés, privilégiant toutefois les phénomènes de gravité (brèches d'écroulement, retombées de cendres ou encore coulées boueuses). Quelques nappes de ponces de faible extension latérale et horizontale y sont interstratifiées, tout comme le sont aussi des dépôts lacustres installés dans des dépressions locales et temporaires. Dans ce dernier cas, les sédiments ont une granulométrie fine et leur teinte bleutée est due à la dispersion des pyrites qui y sont contenues et qui ont pris naissance dans un milieu réducteur. Celles-ci deviennent brunâtres lorsqu'elles s'altèrent à l'air.

Assez souvent, dans ces dépôts lacustres, sont conservés des moules de feuilles, aiguilles de conifères, voire des lits de lignite (cascade de la Biche). Plus rarement, y sont interstratifiés des dépôts de diatomites (flanc sud du Capucin).

Autres tephra

sc. **Scories.** Les petits cônes stromboliens dispersés sur l'ensemble du domaine volcanique, sont constitués de lits de scories, sans que les morphologies initiales soient conservées en raison de leur trop grand âge. En général, ces dépôts scoriacés sont altérés et peu propices à des exploitations de granulats, à l'exception du dôme de Charaire.

br. **Brèches intrusives (diatrèmes) et dépôts hydromagmatiques de maar.** De rares cheminées intrusives (diatrèmes ou pipes), décamétriques, percent au travers des formations laviques. Trois d'entre elles sont présentes à la hauteur des puys Baubet et de la Genestre. Le matériel bréchi que est constitué de gros blocs anguleux de laves de la série moyenne, emballés dans un ciment vacuolaire de nature basaltique ou ankaramitique ($br\beta_{0-p}$, brA). Il s'agit vraisemblablement des racines de superstructures de maar disparues par érosion.

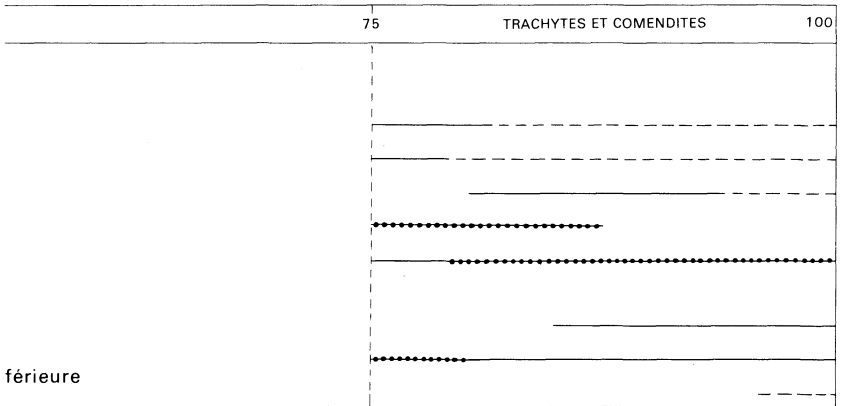
Par contre, les dépôts de surface d'un maar existent à la hauteur du plateau de Mathusalem et constituent le seuil de la cascade de la Dore. Ces dépôts lités, hydromagmatiques, sont faits de granules basaltiques (basalte doréitique) trempés et, pour partie, vitreux. Des blocs de laves anciennes ont été arrachés par l'explosion, blocs et granules étant emballés dans un ciment relativement fin, gris jaunâtre, aisément altérable. La morphologie initiale du maar a, par contre, disparu.

Dans l'annexe occidentale du Cézallier, au Sud-Ouest d'Égliseneuve-d'Entraigues, la mugéarite des Aveix comble un cratère de maar dont les projections palagonitiques sont partiellement conservées.

U. Tufs soudés. Parmi les tephra empilés à la hauteur du Sancy et du ravin de Chaudesfour, existe un panneau de matériaux clastiques fins soudés entre eux. Il pourrait s'agir d'une coulée de cendres (« ash flow ») mise en place à une température suffisamment élevée pour que les parois des débris soient encore visqueuses et puissent se souder. Il ne semble pas possible de reconstituer la géométrie de l'ensemble de la coulée pyroclastique de cendres.

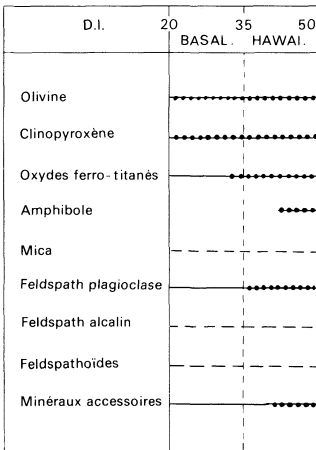
FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

g1-2. Oligocène. Argiles. Des traces des anciens bassins oligocènes ne sont qu'exceptionnellement conservées au Sud du massif du Mont-Dore, alors qu'au contraire elles sont abondantes au Nord et à l'Est. Le témoin le plus important est celui des environs de la Gerbodie, dans le lit et de part et d'autre de la Burande. Ce sont des argiles blanches et rouges, mêlées à du quartz, que recourent des filons de basalte, des phonolites ou des comendites. Elles pourraient même être directement recouvertes par des coulées de doréite

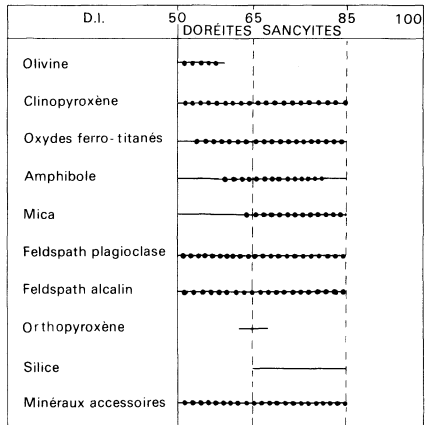


férieure

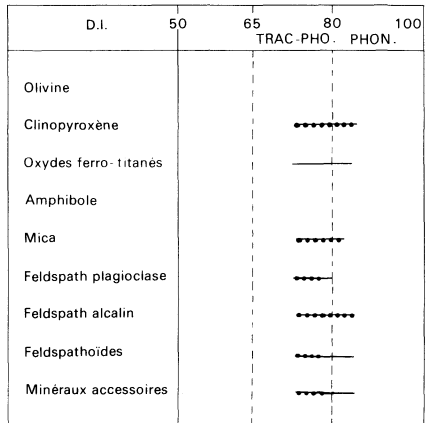
Série supérieure



LIGNÉE SATURÉE



LIGNÉE SOUS-SATURÉE



séries du massif du Mont-Dore (d'après Julien, 1988)

du cycle volcanique récent à la hauteur du bassin de Lathy-de-Cadet. Un second témoin oligocène est conservé en panneau faillé entre les deux langues basaltiques de Tinaire—Aubaret, au Sud, et Chaussidoux—le Couvent, au Nord.

h. **Carbonifère (Stéphanien). Terrains houillers.** Le Sillon Houiller (Letourneur, 1953 ; Grolier et Letourneur, 1968) traverse la carte La Tour-d'Auvergne dans son angle supérieur gauche selon une direction NNE-SSW. Il est bordé, à l'Est, par les orthogneiss à 2 micas ou par les gneiss alumineux. Sa bordure ouest, avant les gneiss alumineux, est soulignée par une mince frange des granites dits du Sillon Houiller. Dans la bande houillère, d'une largeur de l'ordre du km, les formations affleurantes sont stériles, à quelques couches de houille près (Moulin-du-Lac). Parmi les formations stériles on trouve : des conglomérats à gros galets de granite mylonitisé dans un ciment arkosique ; des arkoses, les plus abondantes, présentant souvent des enclaves charbonneuses, et des schistes gréseux grisâtres, bien lités, à empreintes de fougères. Le pendage général de ces couches est de 30°E.

FORMATIONS SUPERFICIELLES

E. **Éboulis.** Les éboulis n'ont été indiqués sur la carte que dans la mesure où ils sont très importants comme c'est le cas dans la vallée de Chaudéfour où les formations en place sont totalement masquées au bas des versants, voire assez haut dans la pente. Sur la carte, la nature de la roche éboulée a été indiquée lorsque les éboulis sont monogéniques et importants. Leur origine est discutée dans le chapitre « Phénomènes géologiques ».

Tz. **Tourbières, zones marécageuses.** Les zones déprimées par les anciens glaciers sont extrêmement nombreuses et de toutes dimensions dans le pays de l'Artense qui a recueilli les glaces venant à la fois du Nord-Est (Mont-Dore), de l'Est (Cézallier) et du Sud (Cantal). Toutes les formations ont ainsi pu être surcreusées, toits de coulées comme formations du socle. C'est cependant ces dernières qui sont le plus fréquemment affectées de zones fermées ou à très faible écoulement : ce sont des tourbières à sphraignes, assez souvent exploitées et des prairies très inondées (sagnes) à contours digités. A l'inverse, il existe aussi des zones plus profondes qu'occupent des nappes d'eau (lacs de la Landie, des Esclauzes, des Taurons, de la Cregut,...). Ce dernier site a été fortement agrandi en annexant la tourbière de Lestioulles pour fermer la zone de la Cregut à vocation hydro-électrique. Entre les zones déprimées, se trouvent des buttes moutonnées à profil dissymétrique ayant une pente douce vers l'amont de l'ancien glacier et une pente raide à l'aval. Un cône de débris morainiques empâte le pied du versant raide. Les buttes moutonnées ne se développent bien qu'aux dépens du socle granitique et métamorphique.

Fz. **Alluvions.** Des alluvions plus ou moins grossières constituant des terrasses anciennes en position haute (Fz1) puis plus récentes en position intermédiaire (Fz2) et enfin les plus récentes en position la plus basse (Fz3), sont visibles dans le méandre de Champs-sur-Tarentaine à l'Est du petit bourg. Il s'agit du méandre que faisait la Rhue lorsqu'elle se jetait dans la Tarentaine

à la hauteur de Champs-sur-Tarentaine. L'affluent qui se jetait dans cette rivière à la hauteur du pont de Lourseyre, a eu une action suffisamment régressive pour capter la Rhue au niveau de Charlissou. Depuis, la vallée depuis Muzzin jusqu'à Champs-sur-Tarentaine, est une vallée sèche. Un petit méandre perché existe encore au Sud du pont de Lourseyre. La fraîcheur du matériel dans les trois terrasses ne permet pas de rattacher ces lambeaux à des épisodes très anciens du Quaternaire ni de relier chacun d'eux à des épisodes glaciaires distincts. Ces niveaux relèvent vraisemblablement de la fin de la dernière glaciation.

Gy1. **Dépôts glaciaires (*stricto sensu*)**. Il s'agit des dépôts de formations morainiques d'épaisseur et d'ampleur variables. Parfois n'existent que de gros blocs épars (blocs erratiques dont ceux de la Pradelle, au carrefour de la petite route qui rejoint Anglards), parfois les placages sont plus épais (plusieurs mètres). Ces dépôts sont composés de blocs hétérométriques souvent anguleux empruntés au socle et aux affleurements volcaniques. Certains de ces blocs ont cheminé loin de leur lieu d'origine, on peut ainsi en suivre qui viennent des Monts-Dore ou du Cantal. Ces dépôts sont bien représentés sur le plateau de l'Artense ; mais l'irrégularité des affleurements n'a permis d'indiquer que les formations les plus épaisses. L'état de conservation des matériaux composant les moraines permet de situer l'englacement qui a mis en place ces éléments dans le cadre de la dernière glaciation et probablement à la fin de celle-ci.

Gy2. **Dépôts limno-glaciaires**. Ces dépôts, d'origine lacustre, se trouvent dans la région occidentale de la carte (proximité de Bort-les-Orgues et du Péage). Ce sont des dépôts deltaïques constitués de sable et de galets, disposés en lits inclinés surmontés de lits horizontaux. Ces dépôts correspondent à un niveau lacustre établi à 620 m d'altitude. Le lac qui a existé dans la vallée de la Dordogne derrière un barrage glaciaire relève d'un épisode glaciaire récent.

Gy3. **Dépôts fluvio-glaciaires**. Ce matériel a été mis en place par les eaux de fonte : cônes fluvio-glaciaires (à Pontvieux), terrasses de kame (dépôts accumulés par les eaux de fonte entre un versant de vallée et un volume de glace en cours de fusion décollé du versant : par exemple dans la vallée de la Tarentaine à l'amont de Champs-sur-Tarentaine). Le matériel est roulé, assez grossier, il est lié à une fusion des glaces assez rapide pour libérer de grosses quantités d'eau. Des écoulements vigoureux de type torrentiel ont dû se manifester.

Gy. **Formations de surface d'origine mixte**. Elles se présentent en placages plus ou moins épais de sédiments, pour partie d'origine pédologique et pour partie déplacés par les glaciers et les eaux. Dans tous les cas, ces formations occupent totalement le sous-sol et leur développement est surtout important dans les ombilics des plateaux et à moindre degré sur les pentes.

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

TECTONIQUE DU SOCLE

Tectonique cassante.

Sur la carte La Tour-d'Auvergne, marquée par deux accidents importants du Massif central : le Sillon Houiller et la faille de Saint-Sauves, la tectonique cassante est relativement importante.

L'étude des images satellite montre trois directions principales de linéaments : N 20, N 60 et N 90 ; celle des photos aériennes trois directions majeures : N 20-40, N 140 et N 180. Le report dans une rosace de fréquence des mesures effectuées sur le terrain pour les failles et les paraclases met en évidence trois directions essentielles : N 20, N 40 et N 90, et trois autres directions importantes : N 60, N 140 et N 180.

Les directions N 20 et N 40 sont celles des grands accidents. Très souvent, elles sont jalonnées de mylonites assez épaisses ; parfois elles forment un réseau dense de failles parallèles (Saint-Sauves) ; dans d'autres cas, il s'agit de failles en échelons (la Tarentaine). D'une façon générale, il semble s'agir initialement de décrochements mais qui ont parfois rejoué, postérieurement, en fractures ouvertes, comme en témoignent certains remplissages de calcite. Signalons que les filons sont essentiellement guidés (plus de 50 % des mesures) par ces directions. La direction N 90, relativement tardive, recoupe le Stéphalien. Dans la plupart des cas observés, ce sont des fractures faiblement ouvertes à remplissage de barytine ou de quartz.

La direction N 140 est celle de la foliation du supergroupe de la Tarentaine ; les mylonites associées témoignent de failles de compression. La direction N 180, tardive, affecte les autres, à l'exception peut-être de la famille N 60.

Tectonique souple

Le report des mesures des plans de foliation dans un canevas montre les faits suivants :

- dans le domaine de Champs, où les paragneiss sont relativement plissés, la foliation produit deux maxima de densité : N 90° à pendage 25° NE et sub-horizontale ;
- dans le supergroupe de la Tarentaine, la foliation, régulière, est caractérisée par les maxima : N 145° à pendage 32° NE pour la bande leptyno-amphibolique de Marchal ; N 160° à pendage 58° SW et N 160° à pendage 90° pour la bande leptyno-amphibolique de Bagnols ;
- pour les anatexites à cordiérite situées entre ces deux bandes, les directions sont tout à fait semblables et les pendages, orientés d'abord vers le NE, sont dirigés vers le SW lorsque l'on se rapproche de la bande de Bagnols ;
- dans la zone située à l'Est de la bande leptyno-amphibolique de Bagnols, la foliation est perturbée par la blastomylonitisation, mais elle semble être N 40-N 60.

Ces données permettent de mettre en évidence l'existence d'une synforme, définie par le supergroupe de la Tarentaine, discordante sur les unités sous-jacentes. Cette synforme de plus de 120 km² est caractérisée par la dissymétrie de ses flancs, assez largement évasés, et par un axe sensiblement de direction N 150° avec un pendage de quelques degrés vers le SE. Les deux bandes leptyno-amphiboliques décrites ne constituent donc qu'un même niveau.

La discordance structurale est, d'autre part, étayée par les phases de plis, la pétrographie différente dans les deux ensembles, et par la présence de roches blastomylonitiques qui jalonnent le contact.

VOLCANISME

Cinq provinces volcanologiques sont exprimées sur la carte La Tour-d'Auvergne. Deux d'entre elles (volcanisme du *Sillon Houiller* et volcanisme du *linéament de Saint-Sauves*) sont associées aux 2 grandes fractures qui se trouvent à l'Est de la carte.

Les trois autres provinces correspondent à des parties de strato-volcans qui se prolongent sur les feuilles voisines. Le Nord de la carte coïncide avec la partie sud et sud-est du *massif du Mont-Dore*. Sa limite passe par la vallée de Neuffonds qui se prolonge par la Couze-Pavin à l'Est, au-delà du seuil de Vassivière.

A la bordure est de la carte se trouve la partie occidentale du *massif du Cézallier* auquel sont rattachées deux annexes occidentales, en Artense, au NW et au SW d'Égliseneuve-d'Entraigues. Celui-ci s'étend depuis sa limite au Nord avec le massif du Mont-Dore jusqu'au-delà du Sud de la carte (feuille Riom-ès-Montagnes).

Les volcanites de la carte ont des âges compris entre le Miocène et le Quaternaire récent. Les exposants 1, 2, 3, 4 et 5 sont donnés aux laves correspondant respectivement à :

- 5 : deuxième phase de volcanisme quaternaire (< 30 000 ans) ;
- 4 : première phase de volcanisme quaternaire (200 000 à 30 000 ans) ;
- 3 : série supérieure du Mont-Dore (Quaternaire ancien : 1,2 à 0,3 Ma) ;
- 2 : série moyenne du Mont-Dore (Pliocène supérieur : 3 à 1,2 Ma) ;
- 1 : série inférieure du Mont-Dore (Pliocène inférieur : 5,5 à 3 Ma).

Ces exposants sont donnés dans la mesure où les informations en chronologie absolue K/Ar et ¹⁴C sont suffisantes. C'est le cas notamment du massif du Mont-Dore. Pour les autres provinces volcanologiques, les indications d'âge sont données par extrapolation géologique. Dans le cas d'intrusions isolées, aucun exposant n'est attribué, faute d'informations suffisantes.

Au total, le volcanisme occupe grosso-modo la moitié de la superficie de la carte, essentiellement cantonné dans le secteur nord-est au-delà de la diagonale NW-SE.

Volcanisme du Sillon Houiller

Un seul pointement volcanique est à rattacher à la province du Sillon Houiller (Brousse, 1961 ; Magonthier, 1974, 1975) qui se développe à la fois au Nord (feuille Bourg-Lastic) et au Sud-Ouest (feuille Bort-les-Orgues) : il s'agit de la butte de Banelly, un neck elliptique de 400 m de grand axe, intrusif à la fois dans le feuillet granitique et dans les sédiments du Houiller. La roche est une basanite à tendance d'ankaratrite, riche en olivine et pyroxène. Elle recèle des nodules de péridotite (β_{π}^1).

Volcanisme du linéament de Saint-Sauves

Comme sur la feuille Bourg-Lastic, au Nord, le faisceau de failles de Saint-Sauves sert de voie d'accès à quelques venues volcaniques de petit volume. Il s'agit de necks résiduels à Fraisse et Ouzoux et il y a lieu d'y rattacher les pointements isolés, plus à l'Est, de la Thuillère près du lac du Taurons, de la Combe près Jallandrioux, Lacoste, la Chaise, Pont et Haute-Serre. Encore que l'emplacement de ces derniers pointements soit plutôt guidé par la fracturation du socle leptyno-amphibolique, essentiellement de direction NE-SW, orthogonal au linéament de Saint-Sauves. Plus délicat est le rattachement au volcanisme du linéament de Saint-Sauves, de coulées qui, jusqu'à présent, ont été regardées comme des langues issues du massif du Mont-Dore. Cette appartenance est pourtant difficile à accepter car la coulée de Chocounes—Cornillat comme celle de Tramont—Larodde, fortement marquée par les dépôts glaciaires (Gy), sont nettement séparées des productions montdorienne.

Il s'agit soit d'une basanite à tendance d'ankaratrite (β_{π}^1 ; Guzoux) sous-saturée en silice et à néphéline exprimée, soit d'ankaramite basanitique (A^{β} ; Lacoste, Cornillat,...) qui peut prendre un caractère vitreux (νA^{β} ; Tramont—Larodde).

Toutes ces roches sont plus ou moins déficitaires en silice et sont toutes à néphéline normative. Elles contiennent des nodules de péridotite (Guzoux, la Thuillère).

Volcanisme du Mont-Dore

Un quart du massif du Mont-Dore relève de la carte La Tour-d'Auvergne. Les autres zones de ce massif se développent au Nord (feuille Bourg-Lastic), à l'Est (feuille Besse) et au Nord-Est (feuille Veyre-Monton). Dans le secteur de La Tour-d'Auvergne (Glangeaud, 1912, 1918), se trouve le point culminant du Mont-Dore et du Massif central (puy de Sancy, 1 885 m). Cette zone de hauts sommets d'âge relativement récent (les formations appartiennent au cycle supérieur, voir plus loin) est entaillée par de profonds ravins : au Nord, vallée de la Dordogne et Val-d'Enfer ; à l'Est, vallée de Chaudefour et cirque de la Biche (ou de Super-Besse) et enfin, vallée de la Fontaine-Salée, au Sud-Ouest.

Entre ces vallées d'érosion, l'empilement des coulées constitue des plateaux qui s'inclinent doucement vers l'Ouest (La Tour-d'Auvergne, Chastreix, Picherande, pont de la Clamouze).

Quelques langues se prolongent plus à l'Est encore, mais elles sont plus fortement attaquées par l'érosion et parfois elles sont réduites à une arête d'une centaine de mètres de largeur (coulée de Rosier-Soubre à Aulnat-Soubre).

Dans tous les cas, le toit des coulées est fortement masqué par les dépôts morainiques du glaciaire alors qu'à chaque rupture de pente et à leur place se développent des dépressions marécageuses (Gy3).

Age du volcanisme du Mont-Dore

Trois cycles éruptifs, de 1,5 à 2 millions d'années chacun, se partagent la construction du massif volcanique (fig. 1).

● La **série inférieure**, à laquelle est affecté sur la carte l'exposant d'âge 1, s'étend de 4,7 à 3 Ma. L'activité est essentiellement effusive, selon un mode hawaïen (à l'exception des nappes de ponces $^1\rho c$, rattachées à un dynamisme pyroclastique), le centre du volcan était alors situé à la hauteur du sondage Croizat dans la vallée de la Dordogne (feuille Bourg-Lastic). Les coulées, recouvertes dans la partie centrale par les formations plus récentes, n'affleurent bien qu'à la périphérie du massif (coulée de Hussamat, les Pertes, Rosier-Soubre à Aulnat-Soubre, ...). De cet épisode, ont été datés sur la carte :

- le basalte β_{o-p} de la Morangie ($3,44 \pm 0,35$ Ma ; Baubron, 1979) ;
- l'ankaramite A^b de la montagne d'Ance ($3,48 \pm 0,30$ Ma ; Baubron, 1979).

La série correspondant au cycle inférieur est différenciée, et des dômes de laves alcalines se mettent en place au pourtour d'une structure circulaire d'un rayon de 8 km (Brousse et Julien, 1987). Il s'agit d'un bombement du socle de 200 m de flèche, induit par la mise en place du réservoir magmatique.

Les dômes correspondants et datés sur la feuille La Tour-d'Auvergne sont :

- le trachy-phonolite $\tau\Phi$ de Crève-Cœur, près les Gosses ($4,30 \pm 0,10$ Ma ; Mossand *et al.*, 1982) ;
- le trachyte comenditique τ_c de Loubazeix ($3,00 \pm 0,15$ Ma ; Bellon, 1979).

● La **série moyenne**, d'exposant d'âge 2 sur la carte, de 3 à 1,4 Ma, a débuté avec l'émission d'une puissante nappe de ponces (grande nappe externe $^2\rho c$) qui a entraîné l'effondrement de la caldera de la Haute-Dordogne. Cette nappe affleure peu sur la carte La Tour-d'Auvergne : elle est toutefois visible dans la vallée de la Burande, dans la vallée de Chastreix ou de la Trentaine, sous la Morangie.

Alors que les laves de la série moyenne couvrent un peu plus de la moitié de la surface du massif du Mont-Dore (52 %), elles le font surtout au Nord et

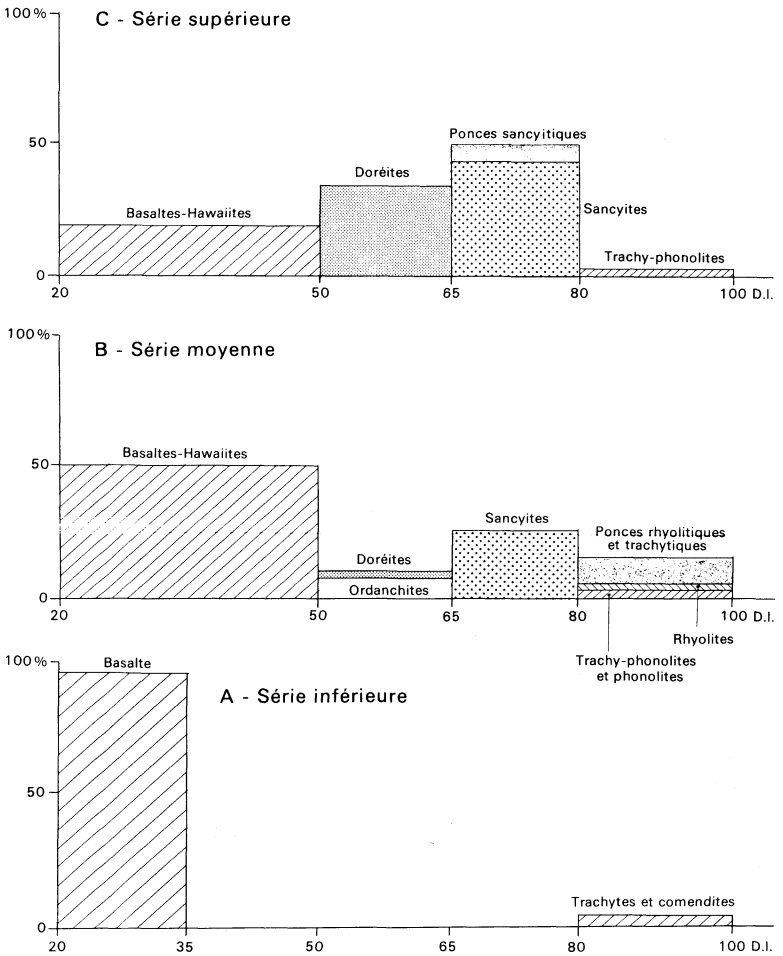


Fig. 1 - Estimation des volumes émis dans les trois séries magmatiques du Mont-Dore (d'après Julien, 1988)

à l'Est car, au Sud sur la feuille La Tour-d'Auvergne, elles sont masquées par les formations plus récentes. Celles qui affleurent et qui ont été datées sont :
— l'hawaïite H^B du roc de Courlande ($1,53 \pm 0,15$ Ma ; Bellon, 1979) ;
— l'ankaramite A^B de Saint-Donat ($1,45 \pm 0,30$ Ma ; Bellon, 1979).

Deux séries de différenciation s'individualisent dans le cycle moyen (voir plus loin) ; l'une, sous-saturée en silice, conduit aux phonolites ; l'autre, sur-saturée, conduit aux rhyolites. Parmi les laves différenciées, une seule datation a été effectuée sur la carte : l'ordanchite O de Reboisson ($0,7 \pm 0,2$ Ma ; Bellon, 1979),

● La **série supérieure** débute à 1,4 Ma et se termine à 0,2 Ma. On lui a affecté l'exposant d'âge 3 sur la carte. Elle est, à l'inverse des 2 premières séries, complètement développée sur la feuille La Tour-d'Auvergne, tout autour du puy de Sancy et des ravins de la Dordogne et de Chaudefour ; mais aussi sous la forme de coulées qui s'écartent de cette région centrale, dans un rayon de 8 km, masquant les productions des 2 séries antérieures. A de rares exceptions près, (trachy-phonolite du roc des Tuiles), le cycle supérieur ne livre qu'une série à tendance sursaturée où les termes intermédiaires — mugéarites (doréites) et benmoréites (sancyites) — prédominent. Quelques nappes de ponces (3PC) leur sont associées (Super-Besse). Dans le secteur de la carte, plusieurs termes basiques et différenciés (mugéarites et benmoréites) ont été datés (tableau 4).

Structures

Comme dans tout le massif du Mont-Dore, les traits essentiels de la structure sont cachetés par des émissions récentes et la plupart des informations doivent être acquises soit à partir de données géophysiques, soit à partir d'extrapolations géologiques. C'est pourquoi les contours de la fosse de la Haute-Dordogne ne sont pas dessinés sur la carte ; en effet, leur position reste sujet à discussion. Il demeure que la structure effondrée de la Haute-Dordogne passe au Sud du Sancy : à l'Est, au niveau de la faille de Chaudefour contre laquelle butte le socle granitique (feuille Bourg-Lastic) ; et à l'Ouest, en amont de Super-Besse.

Une structure concentrique plus réduite, dite *caldera du Sancy*, a été proposée (Vincent, 1985 ; Lavina, 1985), alors que d'autres auteurs (Brousse et Lefèvre, à paraître) considèrent plutôt qu'il s'agit d'une zone d'extension filonienne non spécifiquement effondrée.

En dehors de la fosse de la Haute-Dordogne, acquise au début du cycle moyen, et de la zone filonienne du Sancy clôturant l'activité de la série supérieure, la tectonique cassante est exprimée sur les bordures du massif selon les directions de fracturation du socle. Cette réactivation est plus particulièrement nette dans le cas de la faille mylonitisée NNE-SSW, qui se prolonge sur 16 km depuis le lac de l'Esclauze jusqu'au Cloux dans la vallée de la Durande.

Deux répliques de cette faille, situées plus à l'Est, affectent quant à elles le socle et les coulées du cycle inférieur.

Tableau 4 – Datations absolues des laves des 3 séries volcaniques du massif du Mont-Dore

Série inférieure

Roche	Gisement	Age (Ma)	D.I.	Norme (%)	Réf. An. Chim.	Réf. Datation
Ankaramite	Les Croûtes	4.67 ± 1.00 4.67 ± 1.00	20.8	11.92 Ne	Mossand (1983)	Baubron (1979)
Basanite	La Morangie	3.44 ± 0,35	32.2	8.01 Ne	Mossand (1983)	Baubron (1979)
Ankaramite	Montagne d'Ance	3.48 ± 0.30 2.90 ± 0.40	22.4	14.57 Ne	Mossand (1983)	Baubron (1979)
Trachy- phonolite	Bois de Crèveccœur	4.30 ± 0.10	75.3	2.60 Qz	Mehdizadeh (1979)	Mossand et al. (1982)
Trachyle- comenditique	Loubazeix	3.0 ± 0.15	88.0	5.60 Qz	Musengjié (1978)	Bellon (1979)

Série moyenne

Roche	Gisement	Age (Ma)	D.I.	Norme (%)	Réf. An. Chim.	Réf. Datation
Ankaramite	Saint-Donat	1.45 ± 0.30	23.0	12.56 Ne	Mehdizadeh (1979)	Bellon (1979)
Hawaïite	Roc de Courlande	1.53 ± 0.15	45.1	9.66 Ne	Musengjié (1978)	Bellon (1979)
Ordanchite	Reboisson	2.07 ± 0.20	51.0	1.44 Ne	Musengjié (1978)	Bellon (1979)

Série supérieure

Roche	Gisement	Age (Ma)	D.I.	Norme (%)	Réf. An. Chim.	Réf. Datation
Ankaramite	Plaine des Moutons	0.9 ± 0.2	25.4	13.83 Ne	Musengié (1978)	Bellon (1979)
Ankaramite	Puy de Chambourguet	0.79 ± 0.1	20.8	12.56 Ne	Brousse (1961b)	Bellon (1979)
Ankaramite	Le Menial (Pascher)	< 0.5	19.8	13.57 Ne	Brousse (1961b)	Bellon et al. (1979)
Ankaramite	Bois de la Masse	< 0.5	25.8	12.53 Ne	Musengié (1978)	Bellon et al. (1979)
Hawaïite	Roc de Courlande	0.71 ± 0.04	38.6	12.27 Ne	Musengié (1978)	Cantagrel et al. (1983)
Hawaïite	Augères-Hautes	1.27 ± 0.13	36.0	13.81 Ne	Mehdizadeh (1979)	Baubron (1979)
Hawaïite	Puy des Crebasses	0.55 ± 0.15	42.6	6.37 Ne	Bourdir (1980)	Cantagrel in Bourdir (1980)
Hawaïite	La Laspeix	0.54 ± 0.10	45.3	5.75 Ne	Musengié (1978)	Bellon (1979)
Hawaïite	Montagne de la Plate	0.52 ± 0.1	34.7	13.80 Ne	Mervoyer (1972)	Bellon (1979)
Hawaïite	Cascade de la Biche	0.5	49.7	3.21 Ne	Mervoyer (1972)	Bellon (1972)
Hawaïite	Puy de Cacadoigne	0.35	40.7	5.23 Ne	Mervoyer (1972)	Bellon (1972)
Hawaïite	Plateau de Mathusalem	0.28	42.3	2.10 Hy	Brousse (1961)	Bellon (1972)
Trachy-Phonolite	Roc des Tuiles	0.81 ± 0.05 0.87 ± 0.05	83.9	1.00 Ne	Mehdizadeh (1979)	Bellon (1979)
Doréite	La Morangie	0.8	51.1	3.27 Ne	Brousse (1961)	Mossand et al. (1982)
Doréite	Les Lades	0.74 ± 0.07	64.4	3.58 Ne	Musengié (1978)	Bellon in Mehdizadeh (1979)
Doréite	Coulée inf. NE roc des Tuiles	0.63 ± 0.04	58.6	1.64 Hy	Gourgaud (1985)	Bellon (1979)
Doréite	Coulée sup. NE roc des Tuiles	0.62 ± 0.05	52.9	2.77 Ne	Gourgaud (1985)	Cantagrel et al. (1983)
Doréite	Coulée - Le Mont	0.43 ± 0.09	49.9	2.74 Ne	Gourgaud (1985)	Cantagrel et al. (1983)
Doréite	Coulée inf. Super-Chastreix	0.43 ± 0.02	54.6	1.67 Ne	Gourgaud (1985)	Cantagrel et al. (1983)
Doréite	Coulée Sup. Super-Chastreix	0.41 ± 0.02	52.4	3.21 Ne	Gourgaud (1985)	Cantagrel et al. (1983)
Doréite	Coulée Nord du puy de Paillaret	0.41 ± 0.10	52.1	2.17 Ne	Gourgaud (1985)	Cantagrel in Gourgaud (1985)
Sancycite	SE puy de la Perdrix	0.65 ± 0.18	73.7	5.29 Qz	Gourgaud (1985)	Cantagrel in Gourgaud (1985)
Sancycite	Roc de Courlande	0.58 ± 0.03	74.6	6.20 Qz	Brousse (1961)	Cantagrel in Gourgaud (1985)
Sancycite	Chaufeufour - puy Ferrand	0.55 ± 0.11	60.2	8.11 Hy	Mervoyer (1972)	Bellon in Mervoyer (1972)
Sancycite	Puy de Paillaret	0.44 ± 0.03	65.6	6.16 Qz	Gourgaud (1985)	Cantagrel in Gourgaud (1985)
Sancycite	Puy de Cacadoigne	0.44 ± 0.09	77.1	8.59 Qz	Brousse (1961)	Bellon (1979)
Sancycite	Dyke - Dent-de-la-Rancune	0.35 ± 0.10	65.5	4.20 Qz	Brousse (1961)	Cantagrel et al. (1983)
Sancycite	Vallée de Chauffeufour	0.33 ± 0.02	78.5	12.13 Qz	Brousse (1961)	Baubron (1979)
Sancycite	Sommet du puy de Sancy					
Sancycite	Les Aiguilles					
Sancycite	Vallée de Chauffeufour	0.20 ± 0.04	76.5	0.12 Hy	Mervoyer (1972)	Bellon in Mervoyer (1972)

D'une manière générale, le socle, à la faveur du bombement signalé précédemment qu'induit la mise en place du réservoir magmatique du cycle inférieur, est remonté vers le centre du massif. Dans la vallée de la Durande, il affleure à la côte 1 130 m, à 1 104 m dans la vallée de Chastreix, à 1 100 m dans la vallée de Collanges.

Par contre, une fracturation NE-SW, décelable sur les images satellite, passe par la Couze-Pavin et se prolonge au-delà du seuil occupé par les coulées récentes du cycle supérieur dans la vallée de Collanges. C'est ce linéament qui est considéré comme étant la limite entre les deux provinces volcanologiques du Mont-Dore et du Cézallier, encore que les coulées récentes du Mont-Dore dépassent cette limite à la hauteur du seuil signalé précédemment.

Reste, enfin, la fracture NW-SE du cirque de la Biche (Super-Besse), récente car elle affecte les formations du cycle supérieur. Elle est localement mylonitisée. Sur tout son trajet, les effets de l'hydrothermalisme sont nets sur une largeur de quelques dizaines de mètres et c'est à ses marges immédiates que sourdent les sources thermales, là où la faille passe aux points les plus bas de son parcours (près de la Couze-Pavin et près du lac artificiel de Super-Besse).

Volcanisme du Cézallier

De la provine volcanologique du Cézallier, (Thonat, 1970, 1984) située entre le Mont-Dore et le Cantal, n'apparaît sur la carte La Tour-d'Auvergne que la retombée occidentale et ses annexes au NW et au SW d'Egliseneuve-d'Entraigues. A l'Est de la vallée de la Clamouze, le volcanisme affleure essentiellement sous forme de coulées basaltiques dont les points de sortie sont situés plus à l'Est, à l'exception du puy de Cocudoux. Non datées, elles seront regardées comme relevant de la période allant de 3 à 1,8 Ma, car elles reposent, à la hauteur du pont de la Clamouze, sur la grande nappe de ponces externe. Quelques coulées, plus vieilles, existent toutefois dans le lit de la Rhue sous la nappe de ponces. A titre d'hypothèse, nous les assimilons aux venues du premier cycle montdorien.

Le réveil volcanique du Cézallier se fait en deux phases au Quaternaire. Une première phase a lieu aux environs de 200 000 ans, la seconde aux environs de 3 à 5 000 ans BP. Les coulées qui dévalent des plateaux basaltiques, avant de s'engager dans le lit de la rivière d'Egliseneuve-d'Entraigues et du ruisseau de Loubanère et de Loubinoux, relèvent des premières émissions quaternaires. A ce volcanisme compris entre 200 000 et 30 000 ans, est affecté l'exposant d'âge 4 sur la carte.

De la seconde phase d'activité quaternaire (exposant d'âge 5) correspondent des appareils contemporains de la chaîne des Puys, de type vulcanostrombolien, émettant de courtes coulées dans les vallées déjà creusées. Sur la feuille La Tour-d'Auvergne, n'affleure que la bordure occidentale des épanchements basaltiques autour des cônes, et une coulée de vallée qui s'étend jusqu'au pont d'Escarot.

Annexes occidentales du Cézallier (Artense)

A l'Ouest de la petite Rhue d'Égliseneuve, deux ensembles sont distinguables, l'un compris entre le lac Chauvet et le lac de la Landie, l'autre isolé autour du lac des Esclauzes.

Aucune datation ne permet de situer ce volcanisme avec précision, aussi considérons nous, sur des bases géomorphologiques, qu'il est sub-contemporain des premières phases de construction du Mont-Dore (phase inférieure avec exposant d'âge 1 sur la carte). Les expressions volcaniques sont réduites à des coulées, à l'exception du cône strombolien de Montbert (1 295 m) dont le manteau de scories est encore partiellement conservé ($_{sc}\beta_{o-p}$). Cette province est réactivée au Quaternaire (exposant d'âge 5 sur la carte) par la création du cratère phréato-magmatique du lac Chauvet, dont les produits d'explosion sont toutefois beaucoup moins bien conservés que ceux du lac Pavin, situé plus à l'Est (feuille Besse-en-Chandesse).

La série lavique est essentiellement basaltique (ankaramites, basaltes et hawaïites), à l'exception de deux dômes de mugéarite situés de part et d'autre du village de la Croix-Neuve. Cette région de l'Artense a été fortement érodée par les glaciers qui ont souvent surcreusé le pied des limites de coulées basaltiques en falaise, laissant après eux des dépressions où séjournent les eaux peu profondes des lacs de la Landie et des Esclauzes.

MODELÉ GLACIAIRE

(Veyret, 1981 ; Veyret-Mekdjian *et al.*, 1988)

La région de La Tour-d'Auvergne a été, au Quaternaire, occupée par des glaces. Issues des massifs encadrant, Mont-Dore, Cézallier, Cantal, les glaces ont recouvert le plateau de l'Artense. Un glacier de piémont a masqué la surface inclinée vers l'Ouest, et l'a profondément marquée. Ce glacier était entièrement situé au-dessous de la limite des neiges pérennes mais, bien alimenté par les glaces venant de l'amphithéâtre volcanique, il s'est étalé jusqu'à une altitude voisine de 600 m (dans la région de Bort-les-Orgues).

Les glaces ont contribué à débarrasser le socle de l'Artense (Veyret, 1973) de son manteau d'arènes. De nombreuses roches raclées, plus ou moins polies et moutonnées, apparaissent (à proximité de Saint-Genès-Champespe, par exemple). Là où la roche plus fragile était la plus altérée, le glacier a largement dégagé des cuvettes ou *alvéoles* de tailles variables (hectométrique ou kilométrique), mettant ainsi en évidence le modelé typique d'un socle englacé : *modelé en creux et bosses* qui évoque celui du socle canadien ou scandinave. Les creux correspondent à des secteurs plus fragiles, ils se situent là où affleurent les roches les moins résistantes (en raison de leur composition, de la taille des minéraux, de la fissuration ou de la fracturation), mais ils sont aussi localisés le long des lignes de fracture ou au croisement de ces lignes. Débarrassées de leur volume d'arènes, les alvéoles retiennent aujourd'hui des lacs (la Crégut), des prairies humides (sagnes) ou des tourbières.

Les *dépôts glaciaires* sont abondants quoiqu'inégalement répartis sur le plateau. Il s'agit de blocs erratiques, de placages de moraine d'épaisseur variable dont les composants sont frais. Localement, près de Cheylade ou à proximité du lac de la Crégut, la couverture morainique a été modelée en buttes allongées, dissymétriques, à allure ovoïde ; il s'agit de petits drumlins constitués soit entièrement de matériel morainique, soit de paquets de moraine accrochés à un cœur rocheux en place.

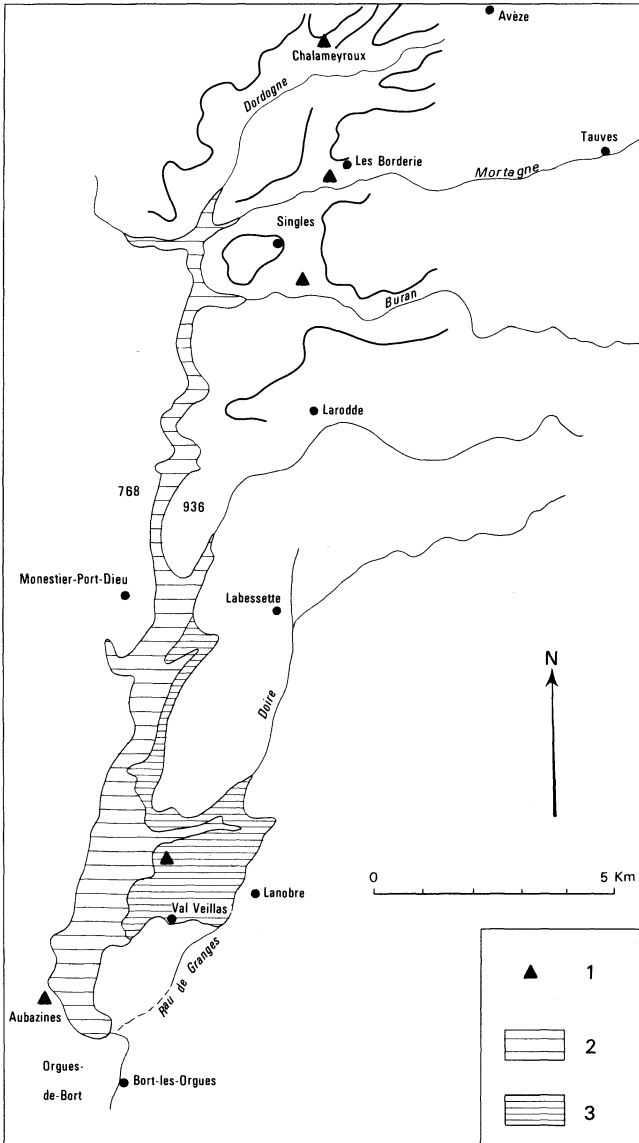
D'autres dépôts existent dans la partie occidentale de la feuille, à hauteur de Lapradelle-Hautevielle, ils offrent l'aspect de cordons qui correspondent à des moraines frontales indiquant vraisemblablement l'extension maximale des glaces.

Les eaux de fonte de la glace sont responsables des dépôts limno-glaciaires observables à l'Ouest près du Péage. Ces dépôts soutendent une surface plane située à 620 m d'altitude et correspondent à une accumulation deltaïque lacustre. Un lac a, en effet, occupé la vallée de la Dordogne et les parties situées à l'aval des vallées affluentes de la rive gauche (Tialle par exemple). Ce lac résultait de l'existence d'un barrage de glaces originaires du Nord du Cantal. Ces glaces sont venues buter contre le massif phonolitique des Orgues et ont donc barré la vallée de la Dordogne. Les dépôts deltaïques, bien visibles dans la grande coupe proche du château de Val, ont le dispositif classique d'un delta avec topset et foreset (lits inclinés et lits horizontaux sommitaux). Le matériel est très sableux, il s'agit principalement de l'arène empruntée au socle par les glaces et remaniée par les eaux de fonte ; des galets plus ou moins roulés existent aussi.

Des éléments venus des affleurements volcaniques du plateau de l'Artense et d'autres originaires de la bordure montagneuse également volcanique, sont mêlés au matériel arénacé (fig. 2).

Les eaux de fonte ont laissé des dépôts *fluvio-glaciaires* souvent assez grossiers : il s'agit soit de dépôts juxtaglaciaires : terrasses de kame ou de dépôts proglaciaires (cônes fluvio-glaciaires à Pontvieux par exemple). Il peut s'agir aussi du remplissage d'alvéoles, mais dans ce cas les coupes sont rares et la distinction entre formations fluvio-et limno-glaciaires n'est pas toujours aisée à établir.

Dans quelques secteurs du socle et dans le massif montdorien, les conditions froides, *périglaciaires*, sont responsables de tabliers d'éboulis qui drapent les versants, notamment dans la vallée de Chaudfour. Localement les blocs détachés sont de grosse taille (plurimétriques) ; ils proviennent d'éboulements nombreux à la fin de la période glaciaire tandis que les mécanismes de décompression affectaient les parois rocheuses. Au cours des périodes humides post-glaciaires, des mouvements de masse (glissements de terrain) ont aussi affecté certains versants. Si les dépôts d'origine périglaciale, voire même post-glaciaires, sont nombreux dans le massif montdorien, l'Artense en compte relativement peu, (bien que la vallée de la Rhue présente quelques beaux tabliers d'éboulis) ; son altitude relativement basse suffit peut-être à expliquer cela.



1 - Localisation des coupes dans les dépôts deltaïques de l'ancien lac; 2 - Surface de remblaiement à 620 m d'altitude témoignant d'apports considérables venus du plateau d'Artense; 3 - Lac actuel.
Les traits appuyés indiquent les rebords raides qui dominent la vallée de la Dordogne et de ses affluents, à l'amont.

Fig. 2 - Extension du lac glaciaire de Bort-les-Orgues

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

La façade ouest du massif du Mont-Dore et de son prolongement au Sud par les hauteurs de l'Artense et du Cézallier, constitue un bassin versant dans lequel la relative importance des terrains nus favorise la rapidité du ruissellement et l'évapo-transpiration (tableau 5). L'altitude moyenne des deux principaux bassins de la Tarentaine et de l'Eau-Verte se situe aux alentours de 1 200 m, le dénivelé par rapport à cette moyenne étant peu inférieur à 1 900 m. La température annuelle moyenne est de 6,5 °C et le vent souvent dominant de secteur ouest ; la région reçoit 1 700 mm d'eau (pluviosité annuelle moyenne à Picherande) dans les parties aval et plus de 2 000 mm dans la partie amont (fig. 3).

Tableau 5 – Pourcentages de surface totale des bassins de la Tarentaine et de l'Eau-Verte correspondant aux différents types de couverture végétale (d'après Wastl, 1965)

Couverture végétale	Terrains nus		Tourbières		Forêts		Pâturages		Marécages	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Tarentaine	3,14	8,4	0,86	2,3	4,97	13,4	27,95	75,2	0,26	0,7
Eau-Verte	0,68 ⁽¹⁾	1,8 ⁽¹⁾	1,98	5,2	3,55	9,3	31,06	81,4	0,35	0,9

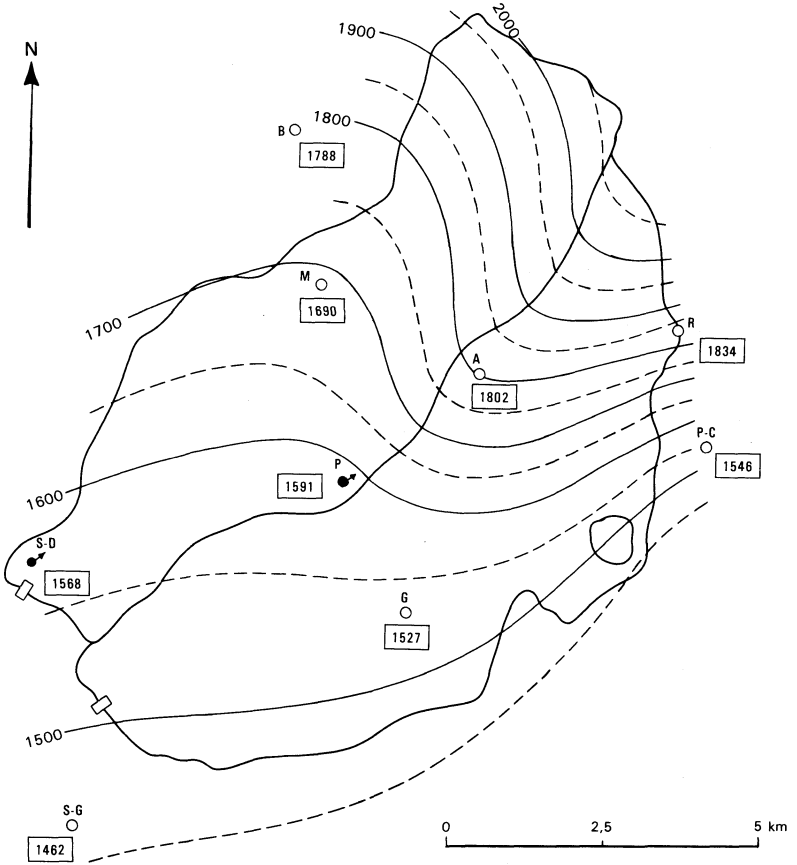
(1) Aux superficies sans végétation du bassin de l'Eau-Verte il faut ajouter les 52 hectares du lac Chauvet (1,4 % de la surface totale du bassin).

Une partie des précipitations se fait sous forme de neige dont la quantité et la durée de persistance augmentent avec l'altitude. Pour les deux bassins versants de la Tarentaine et de l'Eau-Verte, les neiges tombées en 1960-61 correspondent respectivement à des hauteurs de 96 mm et 312 mm.

Le déficit d'écoulement annuel par évapo-transpiration est de l'ordre de 500 mm avec un maximum d'intensité du phénomène durant l'été de juin à août.

L'écoulement de surface par les rivières est importante. Les modules spécifiques étant de 33 l/s et par km² pour la Tarentaine et de 28 l/s et par km² pour l'Eau-Verte, des valeurs rarement atteintes dans le Massif central mais qui caractérisent, par contre, les petits bassins des Alpes et des Pyrénées. Les débits minimaux correspondent à la période de mai à octobre.

Les roches volcaniques, naturellement fissurées, perméables en grand, jouent un rôle régulateur de débit et amortisseur de crue en soustrayant au ruissellement de surface une proportion non négligeable de précipitations. Ce rôle d'emmagasinement est toutefois limité en raison des pertes élevées, l'eau souterraine étant rapidement restituée aux cours d'eau. Seules, les formations perméables en petit (tephra, terrains volcano-sédimentaires) peuvent constituer des réserves de durée notable mais de faible volume, à vidange beaucoup plus lente.



- | | | | |
|-----------------------|---|------------------------|-------------------|
| ● Pluviographe | INDICATIFS DES STATIONS PLUVIOMÉTRIQUES | | |
| ○ Pluviomètre | A : Les Ages | M : Ménial | R : Les Ribages |
| □ Station de jaugeage | B : La Bourioune | P : Picherande | S-D : Saint-Donat |
| | G : Grouffaud | P-C : Pont de Clamouze | S-G : Saint-Genès |

Fig. 3 - Isohyètes (en mm) des bassins de la Tarentaine et de l'Eau-Verte correspondant à 37 épisodes pluvieux (d'après Wastl, 1965)

Les sources sont extrêmement nombreuses, à la fois en terrain volcanique et en terrain granito-métamorphique. Dans le premier cas, les sources sont situées à l'interface des coulées, là où existent un paléosol ou des toits de coulées scoriacées argilisées. Seules, les planèzes subtabulaires sont dépourvues de sources mais, à l'inverse, elles ont été surcreusées en certains points et sont devenues le lieu d'élection privilégié de tourbières (bois de la Masse, par exemple). En pays granito-métamorphique, les sources sont également nombreuses mais, cette fois, elles sont guidées par le réseau de failles qui affecte le socle.

La multiplicité des points d'eau fait que l'habitat est dispersé et réduit parfois à une seule ferme ou buron. La densité d'habitation reste toutefois faible, non par manque d'eau mais parce que de nombreuses zones sont situées en trop haute altitude (région du Sancy) ou sur un socle dépourvu de sol, celui-ci ayant été enlevé par l'érosion glaciaire, comme dans l'Artense.

Les sources sous-coulées, qui sont les exutoires des nappes souterraines, ont des températures relativement constantes, proches des températures moyennes atmosphériques. Par contre, leurs débits sont très variables. Ces eaux de source sont faiblement minéralisées (résistivités de 7 000 à 33 400 Ω m et teneurs en cations de 0,70 à 0,34 meq/l respectivement pour les sources de Fricandie-Haute et de la Montagne-Haute). Ces eaux sont, par ailleurs, bactériologiquement pures. Leur pH varie de 6,6 (Fricandie) à 7,2 (Montagne-Haute).

SOURCES THERMO-MINÉRALES

Les sources thermo-minérales appartiennent, à une exception près, à la province volcanique du Mont-Dore, la province la plus jeune parmi celles qui sont représentées sur la carte La Tour-d'Auvergne.

La reprise d'activité volcanique dans la province du Cézallier est cantonnée à la région qui borde la carte à l'Est (feuilles Besse et Massiac). De ce fait, l'hydrothermalisme associé à la province du Cézallier, qui a été l'un des objectifs de la phase de forages profonds GPF 3, ne relève pas du domaine géographique de la feuille La Tour-d'Auvergne. Il existe toutefois deux sources carbo-gazeuses encroûtantes, à faible débit, au front de la coulée qui comble la vallée de Loubinoux. La source amont sourd entre les prismes de lave alors que la source aval, importante, sort au travers des gneiss du socle.

L'hydrothermalisme du Sud montdorien est relativement pauvre et aucune source n'a la puissance de celles du Mont-Dore ou de La Bourboule (feuille Bourg-Lastic).

Il s'agit, dans tous les cas, de sources à maigre débit, non captées, à l'exception toutefois de 4 des 5 sources de la vallée de Chaudesfour pour lesquelles un petit bassin de réception en maçonnerie a été édifié à leurs griffons. Toutes les sources sont plus ou moins carbonatées et déposent des produits calcaires teintés en rouge orangé par les oxydes de fer et de manganèse. Mais, seule la source de Collanges édifie un travertin qui colonise, en vas-

Tableau 6 : Analyses chimiques des sources thermales

Nom de la source	Temp. (°C) à l'émergence	pH	SiO ₂ *	Ca*	Mg*	Na*	K*	SO ₄ *	Cl*	HCO ₃ *	B*	F*	Al*
Chaufour 1	10.3	5.02	1.600	0.524	0.210	0.657	0.212	0.094	0.102	2.523	nd	0.02	24.60
Chaufour 2	11.5	5.08	1.550	0.519	0.202	0.678	0.207	0.073	0.065	2.623	nd	0.02	26.40
Chaufour 3	22.5	5.74	2.033	4.137	1.650	12.391	0.928	2.811	0.296	18.356	nd	0.01	0.10
Chaufour 4	23.5	5.62	1.967	3.553	1.423	10.478	0.818	2.290	0.296	16.074	nd	0.01	0.15
Chaufour 5	16.0	5.36	1.817	2.490	1.308	5.370	0.627	1.124	0.243	11.583	nd	0.01	2.40
Juliette (1)	6.0	-	1.000	0.793	0.518	0.865	0.146	2.394	0.846	nd	nd	0.03	nd
Merdençon	7.2	5.28	1.267	1.213	0.921	0.970	0.325	0.001	0.082	5.468	nd	nd	4.41
Collanges	12.2	6.00	1.667	2.535	5.471	7.913	1.161	0.001	0.209	24.263	nd	0.02	2.07
Reboisson	11.0	7.20	1.367	1.038	2.065	7.961	1.141	0.052	0.409	16.452	nd	0.03	2.08

(1) Seulement dénommée « source sulfuriée du Sancy » dans les publications. * : teneurs en 10⁻³ moles/litre — ** : teneurs en 10⁻⁶ moles/litre — *** : teneurs en moles/litre.

Tableau 6 : Analyses chimiques des sources thermales (suite)

Nom de la source	Li *	Rb **	Cs **	Ba **	Sr *	Fe *	Mn *	As **	CO ₂ ***	CH ₄ ***	Ar ***	O ₂ ***	N ₂ ***
Chaudefour 1	nd	0.25	2.50	0.85	nd	0.37	0.03	0.05	4.50 x 10 ⁻²	3.41 x 10 ⁻⁵	1.14 x 10 ⁻⁵	1.17 x 10 ⁻⁴	7.86 x 10 ⁻⁴
Chaudefour 2	nd	0.26	3.00	0.79	nd	0.32	0.03	0.14	4.56 x 10 ⁻²	1.21 x 10 ⁻⁵	3.20 x 10 ⁻⁶	5.50 x 10 ⁻⁷	1.73 x 10 ⁻⁴
Chaudefour 3	0.05	1.71	40.00	0.56	0.05	0.07	0.01	2.18	2.27 x 10 ⁻²	5.60 x 10 ⁻⁷	2.72 x 10 ⁻⁶	7.89 x 10 ⁻⁵	1.38 x 10 ⁻⁴
Chaudefour 4	0.05	1.49	40.00	0.80	0.04	0.17	0.02	2.80	nd	nd	nd	nd	nd
Chaudefour 5	0.02	1.10	23.80	0.92	0.02	0.35	0.04	0.84	2.67 x 10 ⁻²	6.68 x 10 ⁻⁷	7.29 x 10 ⁻⁶	1.20 x 10 ⁻⁴	4.69 x 10 ⁻⁴
Juliette (1)	0.01	0.26	16.20	nd	nd	nd	nd	2.87	nd	nd	nd	nd	nd
Merdençon	0.01	nd	1.30	0.44	nd	0.10	0.05	0.44	4.96 x 10 ⁻²	2.56 x 10 ⁻⁵	3.08 x 10 ⁻⁶	4.80 x 10 ⁻⁵	1.92 x 10 ⁻⁴
Collanges	0.18	2.20	14.70	13.00	0.01	1.58	0.01	0.30	3.28 x 10 ⁻²	1.44 x 10 ⁻⁵	4.67 x 10 ⁻⁶	1.19 x 10 ⁻⁴	2.35 x 10 ⁻⁴
Reboisson	0.13	2.31	3.00	nd	nd	0.67	0.00	0.90	4.08 x 10 ⁻²	2.50 x 10 ⁻⁵	4.08 x 10 ⁻⁶	6.23 x 10 ⁻⁴	1.88 x 10 ⁻⁴

(1) Seulement dénommée « source sulfurisée du Sancy » dans les publications. * : teneurs en 10⁻³ moles/litre — ** : teneurs en 10⁻⁶ moles/litres — *** : teneurs en moles/litre.

ques successives, le flanc gauche du ruisseau de Neuffonds. Seule, la source Juliette (située en bordure du chemin descendant du Sancy en rive droite de la Dogne, parcours qu'emprunte la piste B de ski en hiver) exhale des vapeurs de H₂S nettement perceptibles lorsqu'on s'en approche. Les analyses chimiques (tableau 6) et les estimations thermométriques qui en ont été déduites (tableau 7) font apparaître l'indépendance des sources de Chaudefour par rapport à celles du bassin de la Dordogne. Les sources de Chaudefour ont été équilibrées en profondeur à des températures de l'ordre de 100 à 150 °C. Leur rapport isotopique He₄/He₃ est l'un des plus élevés des sources thermo-minérales d'Europe (Mattheurs *et al.*, 1987). Autrement dit, la part d'hélium magmatique y est l'une des plus importantes des sources européennes. Quant aux autres sources du pourtour sud, elles sont indépendantes, à la fois de celles du bassin de la Dordogne et de celles de Chaudefour, sans qu'elles puissent être, pour autant, réunies en un seul et même groupe qui aurait un même niveau profond d'origine.

Tableau 7 – Estimation des températures (°C) profondes des sources thermales de Chaudefour.

Nom de la source	Temp. à l'émergence	Temp. ¹⁸ O (S ₀)	Na - K	Quartz	Na - Li	Na - K - Ca
Chaudefour 3	22.5	102	236	157	96	108
Chaudefour 5	16.0	101	280	142	90	95
Chaudefour 8	17.0	74	226	127	90	104

RESSOURCES MINÉRALES, MINES ET CARRIÈRES

Le secteur de Pontvieux–Labessette est connu pour ses minéralisations en or. Il s'y ajoute les indices d'arsenic du Moulin-du-Lac (bois de Varazenne), au contact de la faille orientale du Sillon Houiller, et des efflorescences encroûtantes blanches de pickeringite, un sulfate hydraté d'aluminium et de magnésium. Les sites reconnus se trouvent dans les fractures des gneiss au Sud-Ouest de Champs-sur-Tarentaine et au pont d'Entraigues.

Dans le secteur Pontvieux–la Viallole–Labessette–Saint-Droire, commandé par la fracturation de la faille de Saint-Sauves, d'orientation NE-SW, se trouvent les minéralisations qui ont donné lieu à 2 concessions aurifères : la concession de Pontvieux, découverte en 1825, concédée par l'ordonnance royale du 9 juillet 1847 et abandonnée en 1949 et la concession de Labessette découverte en 1878, exploitée dans les ravins de l'Escluse–le Communal–le Camp-de-César et la Viallole, jusqu'en 1946. Il s'agit dans les deux cas d'une minéralisation à or et argent (Pontvieux) ou à or, argent et plomb (Labessette).

Les indices et gîtes minéraux de la feuille sont recensés dans le tableau 8.

Aurières de Labessette

Dans la vallée du ruisseau de l'Escluse, petit affluent de la Panouille, la minéralisation se trouve dans des filons quartzifères d'orientation N 60 à

N 85 à pendage 77°N à 70°W. Au Communal (200 m au Sud de Saint-Droire), on trouve un filon N 137° de 1,5 m à 2,5 m de puissance. Au Camp-de-César (puy Robrieux, 50 m au Sud-Ouest de Saint-Droire), trois filons d'orientation N 80° à N 105° et de puissance variable ont été trouvés. A la Viallole, trois filons orientés N 120° ont été recoupés entre - 16 et - 32 m. La minéralisation est essentiellement constituée de pyrite (FeS₂), minéral le plus abondant (les cristaux peuvent atteindre 1 cm), cataclasé et recimenté par de la galène (PbS) et des sulfo-antimoniures oxydés en marcassite.

La galène présente 8 % environ de la minéralisation. Elle est bien cristallisée, en cubes jusqu'à 1 cm d'arête, à altération superficielle en covelline (CuS).

Les sulfo-antimoniures (jamesonite et boulangérite) en cristaux blanc grisâtre, forment de fins feutrages s'insinuant entre les autres minéraux et les cimentant.

La bournonite (PbCuSb₂S₃) est rare et liée à la galène.

Le mispickel (FeAsS) est relativement abondant, notamment dans les échantillons les plus riches en quartz et forme des cristaux pouvant atteindre 4 mm.

La blende (ZnS), noire, ferrifère, forme des amas de plusieurs cm³.

L'ordre de succession des paragenèses tel qu'il a été établi (Bournat, 1959) semble être :

- 1 - mispickel et pyrite dans une gangue de quartz ;
- 2 - blende noire ;
- 3 - fracturation et filonnets de carbonates et de quartz ;
- 4 - galène, bournonite ;
- 5 - jamesonite-boulangérite ;
- 6 - fracturation et filonnets de calcite.

L'or et l'argent se trouvent dans la galène, le mispickel et les sulfures aux taux respectifs de :

	% dans le minerai	Au (g/t)	Ag (g/t)
Galène pure	8	80	940
Mispickel pur	33	56	320
Sulfures divers	37	74	820
Quartz et gangue	22	stérile	stérile

Aurières de Pontvieux

17 filons, orientés NNE à NE, de 2 à 60 cm de puissance, ont été identifiés et présentent la même minéralogie qu'à Labessette avec mispickel, pyrite, sulfo-antimoniures (jamesonite, boulangérite, stibine), mais absence de galène, dans une gangue de quartz et de carbonates. Les teneurs en or et argent varient, pour l'or de 20 g/t à 100 g/t, et pour l'argent de 160 g/t à 2 280 g/t.

Indices de mispickel du bois de Varazenne

Dans le lit du ruisseau des Baleyres, affluent du Rigaud, s'écoulant d'Est en Ouest de Saint-Droire au Moulin-du-Lac, un filon se situe à la limite des

Tableau 8 — Indices et gîtes minéraux

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Labessette La Viallole	1.4002	Pyr, Pb, Zn Sb, As, Au	Quartz Calcite Pyrite Galène Blende Mispickel Jamesonite Boulangérite Bournonite Semseyite Or-natif	Champ-filonien Direction : 40° Pendage : 60 à 80° puissance : 0,5 à 1 m	Embréchite Micaschiste	Puits et travers-bancs ont reconnus 4 filons sub-parallèles, le faisceau ayant 150 m de large. L'échantillonnage BRGM 1967 montre de brèves lentilles peu minéralisées. Production 1934/1939 et 1945/1946 estimées à 170 T de minéral.
Labessette Le Communal	1.4003	As, Pb, Zn, Sb, Au	Quartz Mispickel Galène Blende Pyrite Jamesonite Boulangérite Chalcopyrite Cuivre-Gris	Filon 310° Pendage : 40° Puissance : 1,5 à 2,5 m	Embréchite Micaschiste	Les travaux de 1909 (limités à 12 m) et de 1935/36 (interrompus faute de moyens suffisants d'exhaure) concer-naient un puissant filon quartzeux reconnu sur 200 m. Travaux noyés, haaldés et minéral sur le carreau.

Tableau 8 — Indices et gîtes minéraux (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissant	Remarques
Oustoulioux	1.4004	Cha	Houille	Stratiforme	Schiste et grès stéphanien	L'ex-concession de la Burande prolonge au sud le gisement de Single. Les petits travaux d'exploitation, 1914/1925, ont reconnu plusieurs couches de houilles : M.V. : 30,8 %, cendres : 6,60 %.
Le Chastei, les Cotes, Bois-Brûlé	1.4005	As, Sb, Pb	Quartz Mispickel Pyrite Stibine Galène Antimonocro	Filon NNE Puissance : 0,15 à 0,5 m	Micaschiste	Petit indice reconnu par tranchées. Teneur estimée après Scheidage : 35 à 65 % Sb.
Le Moulin-du-Lac	1.4006	As	Quartz Mispickel Pyrite	Filon 70° Pendage : 90° Puissance : 0,75 m	Embréchite Arkose	Indice filonien situé sur le Sillon Houiller, non travaillé.
Labessette Le Camp-de-César	1.4007	As, Pyr, Au	Quartz Calcite Pyrite Mispickel Galène	Champ-filonien Direction : 300 à 80° Pendage : 50 à 70° Puissance : 0,1 à 0,8 m	Embréchite Micaschiste	Ancienne arière Gallo-romaine. Puits Robrieux desservant 2 niveaux - 27 et - 47 m, et 4 recoups. 1 travers-bancs avec 3 recoups. Les travaux sont noyés. Production 1910/13 et 1935/36 : 16,5 T de minerai, teneur Au : 10 à 600 g/T.

Tableau 8 — Indices et gîtes minéraux (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissant	Remarques
Labessette Ravin de l'Escluse	1.4008	Pyr, As, Pb, Au, Ag	Bournonite Blende Jamesonite Boulangerite	Champ filonien : Direction : 300° Pendage : 70 à 90° Puissance : 0,15 à 2 m	Embréchite Micaschiste	Tranchées et 5 galeries, de 40 à 450 m, en tranchage, étagées à flanc de coteau. Travaux remblayés. Production 1912 : 65 T de minéral. Teneur or : 5 g/T.
Aurières de Labessette	1.4009	Au	Quartz Barytine Fluorine Pyrite Galène Mispickel Blende Chalcopyrite Cuivre-Gris	Disseminé	Arène	45 fosses en 9 groupes, dont certaines sont remblayées. En 1909, 15 sondages à la main. En 1952, échantillonnage pour dosage et étude de minéral. A cette époque il ne subsistait que 3 groupes d'aurières gallo-romaines. Teneur : 1,5 à 7 g/T.

Tableau 8 — Indices et gîtes minéraux (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissant	Remarques
Varazennes	1.4010	Cha	Houille	Stratiforme	Schiste Grès	Galerias à flanc de coteau, travers-bancs et traçages, petits puits : 11 et 25 m. Sur un faisceau de 8 veines dont 2 de 1 et 1,15 m. De puissance M.V : 19,3 à 27,3. Cendres : 6,25 à 18,3 %. S : 0,56 à 1,2 %. C. fixe : 56,5 à 62,7. P.C. : 6 865 à 7 848 cal.
Pontvieux	2.4001	Pb, Zn, As	Quartz Calcite Sidérite Pyrite Mispickel Blende Galène Stibine Jamesonite Boulangérite Bournonite	Champ-filonien Direction : 25 à 70° Pendage : 50 à 70° Puissance : 0,5 à 0,8 m	Embréchite au contact du granite	17 filons dont 5 principaux reconnus par 500 m de galeries. Dosage 1910 : Au : 4 à 16 g/t.
Courlande	3.4001	tri	Argile Diatomite	Stratiforme	Contact cinérite/ labradorite	A. Lauby signale « Le ruisseau du Roc de Courlande traverse les argiles à diatomées ». Liste des espèces.

Tableau 8 — Indices et gîtes minéraux (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissant	Remarques
Cascade du Serpent	4.4001	Al	Argile Alunite	Stratiforme	Cinérite	Petite concession du Mont-Dore en 1827, encore existante en 1963. Petite production de 1827 à 1870.
Val-d'Enfer L'Ecorchade	4.4002	Lig	Argile Lignite	Stratiforme	Contact cinérite/ dorérite	A. Lauby pointe sur sa carte un indice de « Lignite Tertiaire ».
Fontaine-Salée Ravin de Neufonds	4.4003	tri	Argile Diatomite	Stratiforme	Contact Trachy- andésite/basalte	Coupe géologique décrite par A. Lauby, p. 238 à 240.
Ravin de la Biche	4.4004	tri, Lig	Argile Diatomite Lignite	Stratiforme	Cinérite, brèche trachytiques	Affleurement de lignite, 0,4 m, surmonté par des argiles blanches diatomifères...
Picherande	4.4005	Tor	Tourbe	Stratiforme	Basalte du Cezallier	Exploitée en 1914/1918, puis dans les années 1942.
Pont de la Ciamouze	4.4006	Tor, Tri	Tourbe Diatomite	Stratiforme	Basalte du Cezallier	Ancienne exploitation de tourbe. La CECA a fait des recherches de diatomite par tranchées. La couche diatomifère est recouverte de tourbes glacières.

Tableau 8 — Indices et gîtes minéraux (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissant	Remarques
Lanobre	5.4001	Ba, Pb	Barytine Galène	Filon ?	Migmatite ou gneiss	Indice cité pour mémoire, non retrouvé, peut-être noyé par la retenue du barrage de Bort.
Fayrrerolles	5.4002	Ba, Pb, Zn	Quartz Barytine Blende Galène	Filon	Migmatite	Structure filonienne en cours de reconnaissance par le BRGM.
Embort	6.4001	Cu	Quartz Chalcopyrite Linnéite Malachite Limonite	Champ-filonien Direction : 350° Pendage : 60°	Contact gneiss/granite	Petits travaux de recherche. Légère anomalie Zn.
Égliseneuve-d'Entraigues	8.4001	tor	Tourbe	Stratiforme	Basalte du Cezallier	Exploitations superficielles, indiquées par la carte géologique, 1/80 000, 2 ^e édition.

arkoses du Houiller, à l'Ouest et des orthogneiss à deux micas, à l'Est. Ce filon N 110°, à pendage vertical, a 1 m de large mais il est argilisé sur une épaisseur de 0,75 m à sa bordure est. Mispickel cataclasé et pyrite en fines mouches se trouvent dans une gangue de quartz.

Matériaux industriels

Ni les *lignites* (cascade de la Biche,...), ni les *diatomites* (ravins du Sancy,...), ni les *tourbes* ne semblent présenter de potentialités d'utilisation industrielle.

Peu d'exploitations de matériaux industriels sont ouvertes sur la feuille La Tour-d'Auvergne. La plupart des carrières sont faites pour fournir des *granulats* (carrière de Chastreix) aux dépens, soit des roches volcaniques, soit des roches du socle. Nombreuses ont été les petites carrières qui ont été autrefois ouvertes pour fournir des *pierres de construction*. Elles étaient placées le plus près possible des maisons à construire et généralement abandonnées peu après.

L'exploitation des sables glaciaires est également à signaler (région de Pontvieux, par exemple). Enfin, l'exploitation des tourbes a été partout abandonnée et il ne reste plus de ces anciens travaux que des excavations remplies d'eau (et dangereuses) au seuil des tourbières. Une exploitation expérimentale est toutefois tentée dans la tourbière de la Clamouze à des fins pharmaceutiques et horticoles.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

On trouvera des renseignements complémentaires et en particulier des itinéraires dans le **guide géologique régional: Massif central**, par J.M. Peterlongo, Masson éd., 1978 ; *itinéraires 17 et 18* : le massif du Mont-Dore.

BIBLIOGRAPHIE

BAUBRON J.C. (1979) — Chronologie K-Ar de quelques laves du volcan du Mont-Dore (Massif Central Français). Implications volcanologiques. Rapport BRGM - SGN/MGA, 20 p., non publié.

BELLON H., BROUSSE R., MERVOYER B., BLAIS S. (1972) — Age absolu du massif volcanique du Mont-Dore. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 274, p. 2740-2743.

BELLON H. (1979) — Géochronologie des formations volcaniques du massif du Mont-Dore. Rapport non publié, 10 p.

BERNARD-GRIFFITHS J., TEMPIER P. (1977) — Intrusion silurienne du massif de métagranite porphyroïde de Tauves, Massif central français. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 284, série D, pp. 2199-2202.

BESSON J.C., LY M.H., CANTAGREL J.M., de GOER de HERVE A., VINCENT P.M. (1977) – Une coulée de ponces post-villafranchienne sur le versant oriental du Mont-Dore (Massif central français). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 284, p. 1875-1878.

BESSON J.C. (1978) – Les formations volcaniques du versant oriental du massif du Mont-Dore (Massif central français). Thèse 3^e cycle, Clermont-Ferrand, 167 p.

BOURDIER J.L. (1980) – Contribution à l'étude volcanologique de deux secteurs d'intérêt géothermique dans le Mont-Dore : le groupe holocène du Pavin et le massif du Sancy. Thèse 3^e cycle, Clermont-Ferrand, 180 p.

BOURNAT G. (1959) – Étude des filons à sulfures de la région de La Besette (Puy-de-Dôme) et de leur environnement géologique. Dipl. géol. pétrogr., Clermont-Ferrand, 83 p., 2 pl. h. t.

BROUSSE R. (1961) – Analyses chimiques des roches volcaniques tertiaires et quaternaires de la France. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 58. n° 263.

BROUSSE R. (1964) – Des oolites volcaniques dans le massif du Mont-Dore. *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. 6, p. 402-411.

BROUSSE R., VARET J. (1966) – Les trachytes du Mont-Dore et du Cantal septentrional et leurs enclaves. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7^e série, t. VIII, p. 246 à 262.

BROUSSE R., RANÇON J.P., TEMPIER P., VEYRET Y. (1989) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille *Bourg-Lastic* (716) – Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 78 p. Carte géologique par R. Brousse, P. Tempier (1981).

BROUSSE R., JULIEN R. (1987) – Remplissage de la fosse de la Haute-Dordogne : importance de la série inférieure du Mont-Dore. Rapport GPF 3, thème 9, *Doc. BRGM*, n° 95.

BROUSSE R., LEFEVRE C. (à paraître) – Le volcanisme en France. Guides géologiques, Masson édit.

CANTAGREL J.M., BAUBRON J.C (1983) – Chronologie des éruptions dans le massif volcanique des Monts-Dore. Implications volcanologiques. *Bull. BRGM.*, n° 1/2, p. 123-142.

GLANGEAUD P. (1912) – Note sur les régions volcaniques et glaciaires au sud-est du massif du Mont-Dore. *Bull. Serv. Carte géol. France.*

GLANGEAUD P. (1918) – Le volcan du Sancy : ses volcans secondaires et ses laves. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 167, p. 1067.

GOURGAUD A. (1985) – Mélanges de magmas dans les séries alcalines et calco-alcalines : leur rôle dans la genèse des laves intermédiaires et leur

influence sur les mécanismes éruptifs. Exemples pris dans le Massif central (Mont-Dore, chaîne des Puys), à la Martinique (Montagne Pelée, fissures Burgos-Diamant) et au Mexique (Pico de Orizaba). Thèse d'État, Clermont-Ferrand, 491 p.

GROLIER J., LETOURNEUR J. (1968) — L'évolution tectonique du grand Sillon Houiller du Massif central français. Report 23th Intern. Geol. Congress, vol. 1., p. 107-116.

HOLDWAY M.J., LEE S.M. (1977) — Fe-Mg cordierite stability in high grade pelitic rocks based on experimental, theoretical and natural observations. *Contr. Mineral. Petrol.*, 63, pp. 175-198.

JULIEN R. (1988) — Magmatologie des trois phases d'édification du massif du Mont-Dore (Massif central, France). Données volcanologiques sur le site de Croizat. Thèse, Paris Sud-Orsay, 193 p.

JUNG J. (1949) — Les gneiss ocellés de Bort-les-Orgues (Corrèze). Contribution à l'étude de la métasomatose alcaline. *Annales Hébert et Haug*, VII, pp. 223-238.

LAUBY A. (1910) — Recherches paléophytologiques dans le Massif central. Thèse, Paris, p. 234-240.

LAVINA P. (1985) — Le volcan du Sancy et le « massif adventif » (massif des Monts-Dore - Massif central français) - Études volcanologiques et structurales. Thèse 3^e cycle, Clermont-Ferrand, 185 p.

LE GARREC M.J. (1977) — Contribution à l'étude géologique du massif du Cantal. Les proches régions de Condat en Feniers et de Marcenat. Thèse 3^e cycle, Rennes, 216 p.

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 l'Artense. Thèse d'État, Paris Sud-Orsay, 310 p. + annexes.

LETOURNEUR J. (1953) — Le grand Sillon Houiller du plateau central français. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 51, n^o 238, p. 1-236.

MAGONTHIER M.C. (1974) — Les roches volcaniques du Sillon Houiller (Massif central français). Étude minéralogique de deux types de basanites à leucite. Thèse 3^e cycle, univ. Paris VI, 133 p.

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

MARCHAND J. (1974) — Persistance d'une série granulitique au cœur du Massif central français (Haut-Allier): Les termes acides. Thèse 3^e cycle, Nantes, 207 p.

MATTHEURS A., FOUILLAC C., HILL R., O'NIONS R.K., OXBURGH E.R. (1987) — Mantle - derived volatils in continental crust : the Massif Central of France. *Earth Planet Sci. Lett.*, 85. pp. 117-128.

MAURY R.C., BROUSSE R. (1978) — Présence de pigeonite et d'orthopyroxène dans certaines laves du Massif central français : leur répartition et leur origine. *Bull. Soc. fr. minér. crist.*, 101, p. 10-21.

MEHDIZADEH H. (1979) — Contribution à la connaissance de la géologie du flanc sud-ouest du massif du Mont-Dore. Étude de la série sous-saturée montdorienne. Thèse 3^e cycle, Paris Sud-Orsay, 145 p.

MEHNERT (Von) K.R. (1962) — Zur systematik der Migmatite. *Krystalinikum*, 1, pp. 95-110.

MENARD J.J. (1979) — Contribution à l'étude pétrogénétique des nappes de ponces du massif volcanique du Mont-Dore. Thèse 3^e cycle, Paris Sud-Orsay, 170 p.

MERVOYER B. (1972) — Contribution à la carte géologique de massif du Mont-Dore : la vallée de Chauffour. Thèse 3^e cycle, Paris Sud-Orsay, 186 p.

MOSSAND P., CANTAGREL J.M., VINCENT P.M. (1982) — La caldeira de Haute-Dordogne : âge et limites (Massif des Monts-Dore, France). *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. 24, n° 4, p. 727-738.

MOSSAND P. (1983) — Le volcanisme anté-et syn-caldeira des Monts-Dore (Massif central français). Implications géothermiques. Thèse 3^e cycle, Clermont-Ferrand, 197 p.

MUSENGIÉ M. (1978) — Pétrographie et étude des zones fumerolliennes, flanc sud-ouest du massif du Mont-Dore (France). Thèse 3^e cycle, Paris Sud-Orsay, 130 p.

RAVIER J. (1950) — Les schistes cristallins de la haute vallée de la Dordogne. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, XLVIII, pp. 99-124.

RICHARDSON S.W., GILBERT M.C., BELL P.M. (1969) — Experimental determination of kyanite—andalusite and andalusite—sillimanite equilibria ; the aluminium silicate triple point. *Ann. J. Sci.*, 267, pp. 259-272.

SCANVIC J.Y. (1965) — Les schistes cristallins du plateau de l'Artense et de ses abords. Dipl. Géol. Pétrogr., Clermont-Ferrand, 62 p., 2 p.h.t.

STEIGER R.H., JAGER E. (1977) — Subcommittee on geochronology : convention on the use of decay constants in geo - and cosmochronology. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 36, pp. 359-362.

SUIRE J. (1979) — Étude géologique du plateau de l'Artense (Massif central) les données pétrographiques, géochimiques et structurales. Dipl. Géol. Pétrogr., Clermont-Ferrand, 105 p. 2 c.h.t.

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

TEMPIER P. (1977) — Nouvelle interprétation des massifs « embréchiti-ques » de Saint-Sauves et de Tauves (Massif central français). Relations avec les métamorphismes. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, série D, 284, pp. 421-424.

TEMPIER P. (1978) — Les orthogneiss dans les zones centrale et méridionale du « Noyau Arverne ». 103^e Cong. nat. soc. savantes, Nancy, IV, pp. 67-78.

TEMPIER P., SUIRE J. (1979) — Existence d'un linéament blastomylonitique dans le « Noyau Arverne » (Massif central français). 104^e Cong. nat. soc. savantes, Bordeaux.

THONAT A. (1970) — Le volcanisme de la région d'Ardes-sur-Couze. *Rev. Sci. nat. Auvergne*, 84, n° 3, 205-233.

THONAT A. (1984) — Synthèse sur le volcanisme du Cézallier. *Doc. BRGM* n° 81-10 (Progr. Géol. prof. Fr.), thème 10, 169-174.

TOURNILHAC P. (1964) — Contribution à l'étude géologique et tectonique de la région de la retenue hydroélectrique de Bort-les-Orgues. Dipl. études sup., Clermont-Ferrand, 73 p.

VEYRET Y. (1973) — Note préliminaire à l'étude morphologique des marges du glacier de l'Artense (Massif central). *Rev. Géographie alpine*, t. LXI, p. 203-221.

VEYRET Y. (1981) — Formes et formations d'origine glaciaire dans le Massif central français : problèmes de distribution et limites dans un milieu de moyenne montagne. Thèse d'État, Paris I. Presse univ., Lille, 2 vol., 783 p.

VEYRET-MEKDJIAN Y., VALADAS B., VITTE P., JAMOT C. (1988) — Auvergne. Guides géographiques régionaux, Masson éd., 225 p.

VILLEMANT B. (1979) — Étude géochimique des éléments en traces dans les séries volcaniques du Massif central. Thèse 3^e cycle, Paris VI, 347 p.

VINCENT P.M. (1985) — Connaissance détaillée du volcan du Sancy, mise en évidence d'une éventuelle caldeira. Établissement d'une coupe prévisionnelle en vue d'un forage scientifique de reconnaissance. Rapport GPF 2, thème 9, *Doc. BRGM*, n° 95, p. 71-83.

WASTL J. (1965) — Étude hydrogéologique comparée de deux petits bassins versants de Haute-Dordogne. Thèse 3^e cycle, Paris VI, 150 p. + annexes.

WINKLER H.G.F. (1976) — Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer Verlag, New-York Inc., 334 p.

