

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

FEURS

par

Cl. GAGNY, J.M. LEISTEL, H. SIDER,
R. BOUILLER, Y. KERRIEN

FEURS

La carte géologique à 1/50 000
FEURS est recouverte par les coupures suivantes
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :
au nord : ROANNE (N° 158)
au sud : MONTBRISON (N° 167)

Le Mayet- de-Montagne	Roanne	Amplepuis
Noiretable	Feurs	Tarare
Ambert	Montbrison	St-Symphorien- s-Coise

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



BRGM

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

par

**Cl. GAGNY, J.M. LEISTEL, H. SIDER,
R. BOUILLER, Y. KERRIEN**

1989

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

— *pour la carte* : GAGNY C., LEISTEL J.M., SIDER H., BOUILLER R. (1989) — Carte géol. France (1/50 000), feuille FEURS (696) — Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par GAGNY C., LEISTEL J.M., SIDER H., BOUILLER R., KERRIEN Y. (1989), 59 p.

— *pour la notice* : GAGNY C., LEISTEL J.M., SIDER H., BOUILLER R., KERRIEN Y. (1989) — Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille FEURS (696) — Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 59 p. Carte géologique par GAGNY C., LEISTEL J.M., SIDER H., BOUILLER R. (1989).

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

ISBN 2-7159-1696-5

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	5
DESCRIPTION DES TERRAINS	5
<i>PALÉOZOÏQUE</i>	5
Substratum gneissique anté-acadien	5
Formations anté-viséennes	6
Formations du Viséen	9
Hypovolcanisme et plutonisme carbonifère	20
<i>TERTIAIRE</i>	30
<i>FORMATIONS SUPERFICIELLES - QUATERNAIRE</i>	35
PRÉHISTOIRE - PROTOHISTOIRE	40
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	40
<i>HYDROGÉOLOGIE - RESSOURCES EN EAU</i>	40
<i>RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES</i>	42
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	43
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i>	43
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	44
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	49
AUTEURS DE LA NOTICE	49
ANNEXES	50
<i>TABLEAUX 1 à 4</i>	

INTRODUCTION

Entièrement comprise dans le département de la Loire, la feuille Feurs encadre toute la partie septentrionale de la plaine de Feurs qui se prolonge au Sud sur la feuille Montbrison. A l'Ouest, s'amorcent les premières pentes des monts du Forez et du Pays d'Urfé. A l'Est, la plaine est limitée par le versant ligérien des monts de Tarare qui rejoignent au Nord le seuil de Neulise séparant la plaine de Feurs de celle de Roanne. La Loire, coulant du Sud vers le Nord, draine toutes les eaux. Ses principaux affluents sont : le Lignon grossi du Vizézy ; l'Aix grossi de l'Ysable, pour la rive gauche ; la Loise, sur la rive droite.

D'un point de vue géologique, la plaine de Feurs est un fossé d'effondrement tertiaire remblayé par des sédiments argilo-sableux et encadré par le socle cristallin. L'opposition entre ce dernier et le Tertiaire engendre deux catégories de paysages. La plaine, parsemée d'étangs, se partage entre les prairies et les labours. Les premières sont surtout installées sur les sols argileux, en particulier dans la dépression de l'Onzon. Les seconds, en « open field », signalent les sols sablonneux (les « varences »). Le long du fleuve, les riches terres alluviales (les « chambons ») sont intensément exploitées. Les taillis (Forêt de Bas, Bois Clurieux) occupent en général des sols caillouteux et argileux. Sur le socle cristallin, pays de collines, la polyculture de jadis a maintenu un morcellement souligné ou non par des haies. En fonction des matériaux disponibles, les constructions étaient, dans toute la région et jusqu'au milieu du XIX^e siècle, en « pisé » (c'est-à-dire en terre argileuse).

DESCRIPTION DES TERRAINS

PALÉOZOÏQUE

Les formations paléozoïques de la feuille Feurs à 1/50 000 appartiennent à trois ensembles géologiques :

– un ensemble de formations volcaniques et sédimentaires viséennes présentes dans la moitié ouest de la feuille et dans la partie septentrionale de la moitié est ;

puis, dans cette partie est, plus au Sud on trouve,

– un ensemble anté-viséen formé d'une série magmatique acide-basique associée à des roches volcano-sédimentaires (série du Beaujolais), autochtone par rapport à un socle gneissique ;

– un ensemble granitique carbonifère intrusif dans l'ensemble anté-viséen.

Substratum gneissique anté-acadien

ζ. **Gneiss chloriteux d'Affoux.** Affleurement-type : La Ranche, x = 750,50 ; y = 92,70. Les gneiss affleurant sur la feuille appartiennent au groupe des gneiss chloriteux d'Affoux, défini par J.M. Peterlongo (1960). Il s'agit de roches gris sombre à foliation bien marquée. Localement, des faciès œillés à

phénoclastes de microcline peuvent s'observer. La minéralogie est constituée d'un engrènement de quartz, albite, microcline perthitique, biotite chloritisée et mica blanc phengitique. Accessoirement, il existe magnétite, épidote et calcite. La texture est granolépido-blastique. Un faciès à disthène a été signalé à l'ENE de Pouilly-lès-Feurs par J. Jung (légende de la feuille Montbrison à 1/80 000, 1941).

Régionalement, les gneiss d'Affoux sont actuellement considérés comme l'équivalent des gneiss des monts du Lyonnais, qui résultent d'un métamorphisme barrowien mésozonal à catazonal. Par contre, les gneiss d'Affoux ont subi les effets d'un deuxième métamorphisme conduisant à une rétro-morphose et un équilibrage dans le faciès des schistes verts.

Le premier événement tectono-métamorphique est rapporté à la phase acadienne (environ 400 Ma), reconnue dans une grande partie du Massif central (Bernard-Griffith *et al.* 1977 ; Guillot *et al.*, 1984).

Le second événement, rétro-morphique, est attribuable à la phase bretonne, qui s'est déroulée à la fin du Dévonien et probablement jusqu'au début du Viséen inférieur, postérieurement à la mise en place de la série du Beaujolais.

Formations anté-viséennes

Série du Beaujolais (Siluro-Dévonien)

Les formations constituant cette série sont regroupées sous des appellations différentes selon les régions où elles ont été étudiées.

Sur la feuille Tarare, il s'agit de la *série de la Brévenne*, subdivisée en plusieurs groupes de formations par J.M. Peterlongo (1960). Cette série se prolonge vers le Nord sur la feuille Amplepuis où elle a été dénommée série du Beaujolais (Sider et Ohnenstetter, 1983 et 1986).

La série du Beaujolais regroupe dans plusieurs unités lithologiques des faciès plutoniques et volcaniques acides et basiques associés à des faciès volcano-sédimentaires et sédimentaires. Ces derniers appartiennent au groupe de Violay de J.M. Peterlongo (1960).

Sur la feuille Feurs, seule une partie de ces faciès affleure dans la partie orientale. Il s'agit :

- d'une unité de grauwackes, prolongement occidental de l'unité de Valsonne (série du Beaujolais, feuille Amplepuis) ;
- du massif de trondhjémite albitique de Chindo équivalent du massif de Saint-Vérand (feuille Amplepuis). Des faciès microgrenus basiques sont soit enclavés, soit intrusifs dans les faciès acides ;
- d'un massif de gabbros ressemblant aux gabbros reconnus sur la feuille Amplepuis, considérés comme les témoins d'un complexe ophiolitique.

δ^{11} . **Schistes amphiboliques de Sail-sous-Couzan.** Dans la partie occidentale de la feuille, les schistes amphiboliques de Sail-sous-Couzan sont rattachés à la série du Beaujolais. Affleurement-type : dans la forêt au-dessus de Sail-sous-Couzan, $x = 727,25$; $y = 83,20$.

Ce faciès forme un petit panneau enclavé dans le granophyre de Boën-sur-Lignon, dans le coin sud-ouest de la carte. La roche est vert sombre, à grain très fin et à foliation nette.

La texture est grano-lépidoblastique. La foliation est marquée par des amphiboles de taille inférieure à 1 mm, dont la composition varie entre des termes édenitiques tschermakitiques ou magnésiens, très pauvres en titane. Les autres minéraux sont de l'albite xénomorphe, du quartz polygonisé, du leucoxène et des oxydes ferrotitanés.

Une analyse chimique de ce faciès a été effectuée (tabl. 1). Sa basicité et surtout sa faible teneur en Al_2O_3 et sa relativement forte teneur en TiO_2 le caractérisent, en faisant quelque chose de très différent de ce qui est connu par ailleurs pour les volcanites de la série de l'Aix (voir ci-dessous). Ce type de faciès se retrouve dans la série du Beaujolais (Sider et Ohnenstetter, 1983 ; Sider, 1985), sous la forme de dolérites appartenant aux formations tholéitiques de la série.

S. Grauwackes. Affleurement-type : $x = 750,70$; $y = 96,05$. Ce sont des roches compactes au litage marqué par la taille des grains (inférieure à 1 mm) et les nuances dans la couleur verte. Une schistosité parallèle à la stratification est nettement observable. Au microscope, les roches apparaissent formées de clastes albitiques légèrement déformés, incluant de l'épidote, et des grains de quartz (assez rares) dans une fine trame à albite - épidote - chlorite - séricite - calcite et parfois amphibole. Associés à ces grauwackes, il existe des niveaux métriques de schistes amphiboliques fins pouvant dériver de laves et tufs fins basiques (Lacroix, 1980).

En conclusion, ces roches volcano-sédimentaires relativement pauvres en silice sont des méta-arénites fines mylonitisées, d'origine volcanogène. Des analyses chimiques illustrant la composition de ces faciès sont extraites du travail de P. Lacroix (1980) (tabl. 1).

η^1 a. **Trondhémite albitique de Chindo.** Affleurement-type : carrière sur la D58 Pouilly-lès-Feurs—Bussières, $x = 748,40$; $y = 92,50$. Ce massif occupe une superficie d'une douzaine de km^2 entre Pouilly-lès-Feurs et Bussières. Il est intrusif dans les gneiss d'Affoux où certains filons sont enracinés. Ses relations, tectoniques ou intrusives, avec les grauwackes restent douteuses.

Ce faciès possède un grain fin (inférieur à 5 mm). Il est de couleur beige à rosée, passant au verdâtre avec l'augmentation des ferromagnésiens. Il présente localement un caractère mylonitique. La texture est soit grenue banale, soit granophyrique.

La minéralogie est ubiquiste, composée de cristaux d'albite automorphe à subautomorphe, de biotite transformée en chlorite, de quartz et d'orthose

(rare) en plages xénomorphes. Le zircon, l'apatite, les opaques, l'épidote et la calcite sont accessoires. L'amphibole associée à la chlorite a été signalée dans certains échantillons. Dans les faciès granophyriques, les cristaux d'albite sont auréolés d'une trame micropegmatitique formée d'un agencement symplectique de quartz et d'albite, plus rarement de feldspath potassique.

Le terme de trondhjémite albitique a été préféré aux termes de granite albitique ou granite sodique (Peterlongo, 1960 ; Piboule *et al.*, 1982), pour illustrer sa faible teneur en feldspath potassique essentiellement interstitiel et la nature albitique du plagioclase présent.

θ. Faciès basiques associés aux trondhjémites. Ces faciès sont signalés ponctuellement au sein de la masse de trondhjémite. Les mauvaises conditions d'affleurement minimisent leur volume apparent reflété essentiellement au niveau des coupes de routes. Dans la partie sud de la trondhjémite, des faciès basiques dominant en volume les faciès acides sont représentés par un fond cartographique de couleur brun clair limité par un trait tireté.

Les relations entre roches acides et basiques sont de deux types. Au sein du massif, les faciès basiques sont souvent des dolérites à grain fin intrusives dans la trondhjémite ($x = 748,40$; $y = 92,50$). La texture intergranulaire à intersertale montre des lattes de plagioclase albitique et des ferromagnésiens (pyroxène ?) destabilisés en un assemblage à chlorite - actinote - calcite et épidote. Du quartz et des oxydes de fer et titane apparaissent en position interstitielle.

Dans certains cas, les faciès basiques sont enclavés par le granite ou recoupés par celui-ci, notamment certain faciès de la bordure sud ($x = 751,57$; $y = 93,32$). Ces faciès basiques antérieurs au granite montrent parfois des phénocristaux d'amphiboles cimentés par une trame albitique ($x = 749,85$; $y = 92,40$).

En conclusion, la trondhjémite de Chindo est associée à deux générations de faciès basiques doléritiques présentant des caractères minéralogiques et géochimiques différents (analyses chimiques d'après P. Lacroix, 1980 ; voir tabl. 1). La première génération, antérieure aux faciès acides, à amphibole cristallisant avant le plagioclase, a des caractères chimiques rappelant ceux des suites calco-alkalines (augmentation de l'aluminium, diminution du fer, stabilité du titane). La deuxième génération postérieure aux faciès acides, à plagioclase cristallisant avant les ferro-magnésiens, a des affinités avec les séries tholéitiques (avec enrichissement progressif en fer et titane des liquides dérivant d'un fractionnement à plagioclase et clinopyroxène).

La trondhjémite albitique a une origine encore controversée selon les auteurs. Elle résulterait d'un fractionnement tholéitique (Piboule *et al.*, 1982) ou pourrait avoir une origine crustale indépendante des formations basiques associées (Sider et Ohnenstetter, 1983 et 1986).

Quelques analyses extraites de P. Lacroix (1980) illustrent la composition de ces différents faciès (tabl. 1).

θ. Gabbros. Un petit massif de gabbros affleure au Sud de Montchal ($x = 753,50$; $y = 92,70$). Ses relations intrusives ou tectoniques avec les gneiss d'Affoux sont impossibles à préciser.

Ses caractères macroscopiques le rapprochent d'un massif gabbroïque connu plus au Nord-Est sur la feuille Amplepuis (gabbro du Rivolet ; Sider, 1985), malgré des transformations minérales plus importantes. Le plagioclase subautomorphe a un cœur séricitisé et une composition d'albite. Le ferromagnésien intercumulus est formé d'actinote provenant de la destabilisation d'un pyroxène. Quelques rares oxydes de fer et de titane amiboïdes sont inclus dans l'amphibole.

Ces roches gabbroïques forment des cumulats, qui correspondraient aux liquides tholéiitiques postérieurs aux trondhjémites albitiques.

Métamorphisme de la série du Beaujolais

Au plan tectono-métamorphique, cette série a subi un métamorphisme dans le faciès des schistes verts. La déformation associée présente un caractère mylonitique particulièrement enregistré par les formations volcano-sédimentaires et exprimé plus discrètement dans les formations plutoniques acides et basiques.

Cet événement marquerait la fin de l'activité tectono-métamorphique au Dévonien supérieur dans cette région.

Formations du Viséen

Dans la moitié ouest de la carte, le cycle carbonifère débute par une série volcanique et sédimentaire rapportée au Viséen inférieur. Dans la partie est, le cycle débute par la série sédimentaire du Viséen moyen (sens large). Ce cycle se poursuit durant le Viséen supérieur avec les puissantes émissions volcaniques de la série des Tufs anthracifères.

Ces séries forment l'extrémité méridionale du faisceau hercynien de la Loire (qui traverse notamment les feuilles à 1/50 000^e Noirétable, Roanne, Amplepuis et Beaujeu). Plusieurs séries sont distinguées.

Série de l'Aix (Viséen inférieur ?)

La série de l'Aix comprend le « complexe andésitique » ou « cornes vertes » des anciens auteurs (Michel-Lévy, 1908 ; Jung et Vachias, 1937 ; Jung *et al.*, 1939 ; Turlonias, 1965 ; Di Nota, 1970). Elle est formée d'une alternance de roches sédimentaires (conglomérats, pélites, grès, calcaires) et de volcanites (basaltes, andésites, spilites).

Sur la feuille Feurs son substratum n'est pas connu. Pour la feuille Noirétable, on peut envisager l'existence d'un substratum qui serait représenté par des « schistes satinés » semblables à ceux décrits dans la série de la Brèvenne et du Beaujolais (Leistel, 1984-b ; voir également notice de la feuille Noirétable).

h_{2aβ}α. **Laves et tufs spilitiques, basaltiques ou andésitiques.** Le volcanisme de la série de l'Aix est essentiellement « basique », de type basalte-andésite parfois spilitiques. Le gisement semble être principalement sous forme de coulées laviques à tufacées.

Macroscopiquement la roche est toujours massive, verte à noire, porphyrique avec 30 à 50 % de phénocristaux millimétriques de plagioclase et parfois de pyroxène et/ou d'amphibole.

Les cristaux automorphes de plagioclase représentent 70 à 100 % de la phase porphyrique. Ils montrent fréquemment une zonation oscillatoire, et sont plus ou moins envahis par de la séricite et de la chlorite. Leur composition est An₈₅ à An₄₅ dans les faciès non spilitiques.

Deux types d'amphiboles monocliniques sont présents. Les plus courantes, représentant jusqu'à 30 % des phénocristaux et atteignant des tailles centimétriques, sont des amphiboles vertes de type hornblende actinolitique et magnésio-hornblende (selon la classification de B.E. Leake, 1978). Plus rarement, on trouve des amphiboles brunes, toujours peu abondantes et associées aux amphiboles vertes, du type pargasite ferrifère et magnésio-hastingsite riche en TiO₂.

Le clinopyroxène forme des grains incolores, automorphes, souvent en agrégats (gloméroporphyrès). Il est peu abondant (10 % des phénocristaux au maximum) et coexiste parfois avec l'amphibole. Souvent zoné, sa composition est celle d'augite ou de salite.

Quelques xénocristaux de quartz sont parfois présents. Les phases porphyriques comportent en inclusion des oxydes ferro-titanés (titanomagnétite).

La mésostase, très finement cristallisée, est composée de plagioclase, chlorite, oxydes, sulfures et parfois amphibole verte, épidote, clinozoïsite et quartz. La texture de la roche varie de celle d'un tuf à une lave. La structure est souvent amygdalaire, à vacuoles millimétriques remplies de chlorite, épidote et parfois quartz, calcite, actinote, sphène.

Une spilitisation affecte localement ces faciès, et se traduit par le développement d'une paragenèse à albite, épidote, chlorite principalement.

Caractéristiques calco-alkalines des volcanites. Les volcanites de la série de l'Aix montrent les caractéristiques géochimiques (tabl. 2) attribuées aux séries calco-alkalines des domaines orogéniques, ainsi que cela apparaît dans le diagramme triangulaire Al₂O₃/Fe₂O₃/ MgO pris en exemple (fig. 1). Les caractéristiques minéralogiques sont également semblables à celles des volcanites calco-alkalines (Leistel et Bébien, 1982) : abondance des phénocristaux, prédominance du plagioclase, présence d'amphibole, titanomagnétite précoce.

h_{2aC}. **Calcaire.** Deux formations calcaires, de faible extension, sont connues sur la feuille Feurs, à la faveur d'anciennes carrières exploitées pour la chaux. Elles affleurent au sein des volcanites basiques :

- le Petit Servaux : x = 726,30 ; y = 95,30 ;
- Grézolette : x = 725,85 ; y = 95,55.

Ces deux affleurements, situés de part et d'autre de la rivière l'Aix, repré-

senteraient une seule formation décalée par faille, avec jeu apparent vertical de 70 m environ.

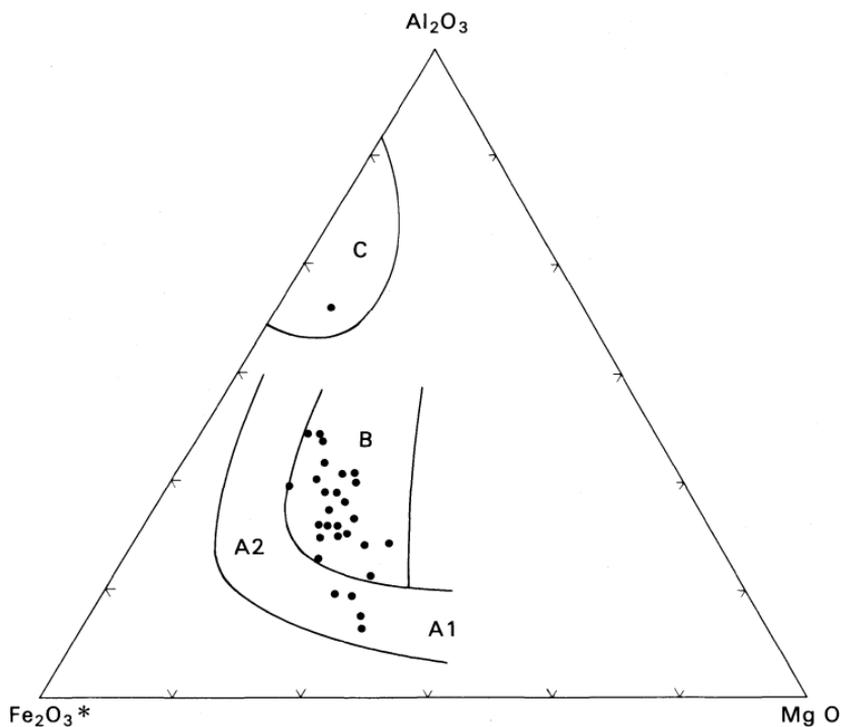


Fig. 1 - Volcanites de la série de l'Aix dans le diagramme $Al_2O_3/Fe_2O_3^*$ (total)/MgO (M. Besson et M. Fonteilles, 1974 ; aires de répartition d'après J. Bébien et *al.*, 1980). A : Tholéitique ; B : Calco-alcalin ; C : Albitophyres - ortho-albitophyres

Le calcaire apparaît ici comme une formation massive, d'épaisseur décimétrique, localement parcourue par des filonnets de lave pouvant s'épanouir en poches aux formes globuleuses. Dans ces poches on retrouve parfois des éléments centimétriques de calcaire. Au contact entre lave et calcaire se trouve une frange millimétrique vert clair correspondant à un mélange ou « mictite ».

Dans la carrière du Petit Servaux, le calcaire alterne localement avec des niveaux centimétriques verdâtres, et de la galène est présente en petites mouches disséminées.

Au microscope, le calcaire est constitué de cristaux (inférieurs à 1/4 mm) de calcite essentiellement, et de quartz peu abondant. Les cristaux sont polygonisés, ceci indiquant une recristallisation, sans réaction observée

entre les deux phases minérales. Malgré cette recristallisation, des structures sédimentaires sont encore parfois visibles, marquées par des variations de taille des cristaux de calcite. Les niveaux verdâtres, visibles dans le calcaire du Petit Servaux, sont à quartz, grossulaire (pyrénéite) et plagioclase exceptionnel. Les franges de mictite sont centimétriques à millimétriques, formées de cristaux xénomorphes (inférieurs à $1/10^{\circ}$ mm) de calcite, clinzoïsite et parfois pistachite.

Il s'agit là des formations calcaires les plus spectaculaires de la série de l'Aix, mais il n'est pas rare de trouver des traces calcaires au sein des volcanites. Les relations observées entre ces deux faciès montrent que la sédimentation calcaire et les épanchements volcaniques sont pénécotemporains. Malheureusement ces calcaires n'ont pas encore pu être datés, ce qui aurait permis d'attribuer un âge à la série de l'Aix.

h2a. **Conglomérat.** Affleurement-type : Le Chat, $x = 727,25$; $y = 96,90$. Ce conglomérat est formé de galets millimétriques à centimétriques de quartzite et de pélite, plus ou moins jointifs, dans une matrice pélitique. Il forme des niveaux métriques à décimétriques, récurrents au sein des formations grésopélitiques, et subordonnés.

h2a. **Pélites et grès.** Affleurement-type : une belle coupe est visible le long de la D18, au Nord de Souternon, dans les lacets situés juste avant Solombet. Grès et pélites sont de couleur grise et forment des alternances de bancs décimétriques à métriques. Ils sont parfois affectés de plis d'amplitude métrique (par ex. sur la coupe de la D18 en $x = 728,00$; $y = 98,95$).

La polarité de ces formations peut être établie par une étude fine au microscope de microcritères de polarité non visibles à l'œil nu (figures de charge, d'arrachement, stratifications obliques, granoclassement... ; Leistel, 1982). Elle a ainsi été établie comme étant normale le long de la vallée de l'Aix, au niveau de Servaux (feuille Noirétable).

Grès et pélites sont formés de grains (inférieurs à $1/10$ mm) de quartz et de paillettes de séricite marquant le litage. On peut également rencontrer des lits riches en débris de plantes, sous forme de tiges brunâtres de longueur centimétrique. Cependant, aucun fossile n'a jusqu'à présent été trouvé qui aurait permis un calage stratigraphique.

La puissance totale de ces formations grésopélitiques apparaît comme étant supérieure ou égale à une centaine de mètres. Leurs relations avec les volcanites de la série de l'Aix ne sont pas encore clairement établies. Si localement elles semblent recouvertes par les volcanites (coin nord-est de la feuille), il est également envisageable qu'elles combrent une paléotopographie marquée par les volcanites.

Métamorphisme de la série de l'Aix

L'existence d'un métamorphisme de contact au sein de la série de l'Aix est connue depuis longtemps, c'est ce qui lui a valu son appellation originelle de « cornes vertes ». Son extension n'est pas généralisée à l'ensemble de la série et ne concerne principalement que deux secteurs, d'orientation

moyenne N60° E, essentiellement présents sur la feuille Noirétable et débordant légèrement sur la feuille Feurs. Ce sont, du Nord vers le Sud, les secteurs de Saint-Marcel-d'Urfé—Moulin du Gué et de Saint-Martin-la-Sauveté. Une bonne coupe permet d'observer les différents faciès de la série de l'Aix cornéifiés le long de la D 38 entre Servaux et le Moulin Nigon (fig. 2).

- *Volcanites* : le métamorphisme de contact entraîne une destruction de la texture originelle et se manifeste essentiellement par un grand développement d'actinote-trémolite en fines aiguilles. La biotite, en petits amas, est plus rarement présente.

- *Faciès sédimentaires* : le principal indice de métamorphisme de contact est une biotitisation, parfois très intense. Citons quelques faciès particuliers (observables sur la coupe de la D 38) :

- schistes tachetés ($x = 726,65$; $y = 94,40$) : on peut reconnaître là les alternances pélites et grès, les niveaux pélitiques montrant un grand développement de taches claires millimétriques, plus ou moins anastomosées. Il s'agit d'amas de micas blancs provenant de l'altération d'andalousite (exceptionnellement observable) dans une matrice sombre à biotite, chlorite ;

- métapélites ($x = 726,65$; $y = 94,10$) : il s'agit de faciès de même nature que les précédents, mais à granulométrie très fine. Macroscopiquement, la roche apparaît massive, très compacte, à cassure esquilleuse, de couleur noire avec des nuances brun violacé. Les microséquences de ce faciès sont encore visibles au microscope (Leistel, 1982) ;

- conglomérat ($x = 726,35$; $y = 94,30$) : dans ce faciès cornéifié, macroscopiquement les galets de quartz et de quartzites blancs se détachent sur un fond noir formé de galets pélitiques (reconnaissables au microscope) et de matrice.

L'hypothèse de l'existence d'un métamorphisme régional schistes verts, évoquée par M. Hocquellet (1979), semble devoir être rejetée. Elle est infirmée par l'existence de faciès remarquablement frais, notamment au sein des volcanites. Dans ces dernières, les associations à chlorite, épidote et actinote peuvent être attribuées soit à un phénomène de spilitisation, soit au métamorphisme de contact. Nous relierions ce dernier à l'existence de coupes granitiques sous-jacentes non affleurantes (voir ci-dessous).

Problème de l'âge de la série de l'Aix

Aucune datation n'a pu jusqu'à présent être effectuée sur cette série, aucun fossile n'a été trouvé dans les faciès sédimentaires et les recherches de conodontes dans les calcaires se sont révélées infructueuses. Les faits de terrain nous montrent que cette série est antérieure aux calcaires datés du Viséen moyen (V2b ; Mamet, 1968) et à la série des Tufs anthracifères du Viséen supérieur. D'autre part, elle n'a pas subi la structuration majeure, ni le métamorphisme régional, qui s'observent plus à l'Est dans la série de la Brévenne, et qui sont attribués à la phase fini-dévonienne (phase bretonne ; Sider *et al.*, 1986).

Jusqu'à présent la série de l'Aix était rapportée au Dévonien supérieur—Viséen inférieur, par comparaison avec les séries du Morvan et de la Bré-

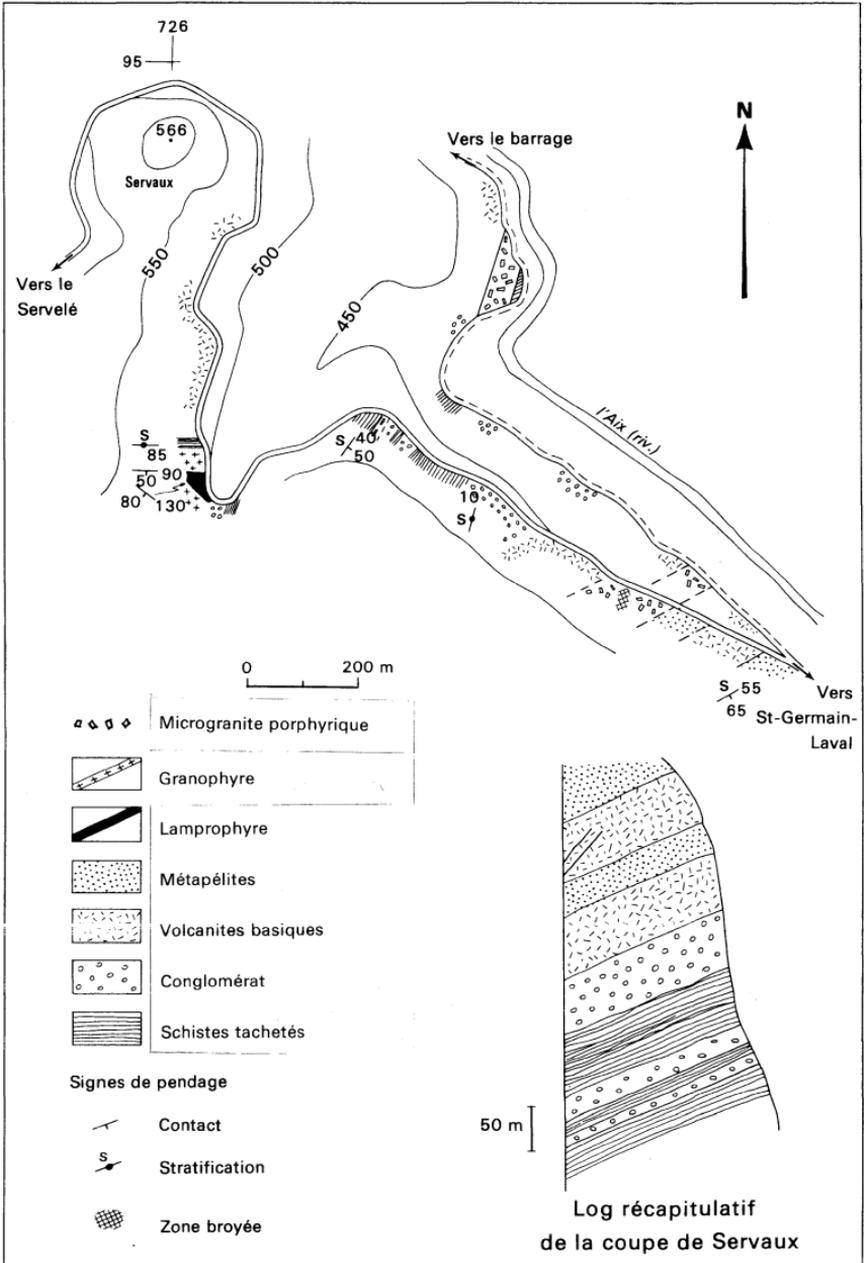


Fig. 2 - Coupe des cornéennes de Servaux, montrant le développement du métamorphisme de contact (attribué à des intrusions granitiques cachées post-viséennes) au sein de la série de l'Aix et du granophyre de Boën-sur-Lignon. Le grand affleurement situé en face de l'amorce du chemin menant au barrage sur l'Aix est essentiellement constitué de métapélites, les plans de stratification, difficiles à voir sur le terrain, sont orientés N55°E-65°S. On peut également voir sur cette coupe : le conglomérat, les schistes tachetés, le granophyre, et accessoirement des filons de microgranite porphyrique et de lamprophyre

venne (Jung *et al.*, 1939). Les analogies qui étaient faites doivent cependant être révisées.

Dans le Morvan, la série d'âge dévonien supérieur–viséen inférieur comporte tous les termes allant des basaltes aux kératophyres. La série de l'Aix ne présente par contre que des termes « basiques » ($\text{SiO}_2 \leq 58\%$). Les termes basiques des deux séries ont cependant des caractéristiques calco-alcalines comparables.

Quant à l'analogie faite avec la série de la Brévenne, elle doit être abandonnée. Celle-ci présente essentiellement des caractéristiques tholéïtiques (Piboule *et al.*, 1982 ; Sider et Ohnensetter, 1983 et 1986) et une structuration que l'on ne retrouve pas pour la série de l'Aix.

C'est en développant de tels critères que la série de l'Aix a été proposée comme essentiellement d'âge viséen inférieur (Sider *et al.*, 1986).

Structure de la série de l'Aix

La structure interne des volcanites est très rarement visible sur le terrain, bien qu'au microscope elles montrent fréquemment de belles fluidalités. A l'affleurement, elles forment un ensemble d'axe moyen N 60° E. Vers l'Est, suivant cet axe, le niveau structural à l'affleurement est de plus en plus élevé, et les volcanites n'affleurent plus que sporadiquement (feuilles Feurs-Est et Roanne).

La stratification des pélites et grès est toujours bien visible. Au Sud, en bordure du granophyre de Boën-sur-Lignon, les pendages sont relativement constants à N 55°-65° S. Vers le Nord, l'organisation est moins nette, une orientation moyenne E-W à pendage Sud semblant se dégager.

Série sédimentaire du Viséen moyen

Cette série est inégalement répartie sur la feuille Feurs. Dans la partie ouest elle n'apparaît que ponctuellement sous forme de lambeaux calcaires. Elle prend toute son extension dans la partie est de la carte, où les calcaires sont associés à des faciès détritiques.

Dans la moitié est de la feuille Feurs la série sédimentaire du Viséen moyen est discordante sur le socle anté-viséen. Elle débute par des siltites dominantes et des arénites à rares niveaux de conglomérat ($x = 749,00$; $y = 94,80$). Dans la région de Néronde ($x = 748,00$; $y = 95,30$), des niveaux calcaires s'intercalent dans les formations détritiques et diminuent latéralement en épaisseur pour disparaître vers le Bois de la Chauz ($x = 749,40$; $y = 96,00$). A partir de Néronde, vers l'Est, les alternances calcaro-détritiques sont surmontées de nouvelles formations exclusivement détritiques, où la part des conglomérats augmente sensiblement ($x = 752,30$; $y = 97,75$). Dans la partie orientale de la carte, quelques niveaux calcaires se retrouvent vers la base de cette formation détritique (Montmain, $x = 752,20$; $y = 97,00$).

Dans la moitié ouest de la feuille Feurs, la série du Viséen moyen est limi-

tée aux lambeaux calcaires d'Oddes ($x = 729,60$; $y = 95,15$), qui affleurent au sein des faciès de base de la série des Tufs anthracifères.

h_{2b}C. Calcaires. Il s'agit de calcaires fins, noirs à gris sur patine, généralement fossilifères, formant des bancs décimétriques à métriques séparés par des horizons marneux. Des entroques et des fragments de brachiopodes et lamellibranches peuvent être abondants, dans un ciment micritique à sparitique. Ces calcaires sont souvent impurs, possédant une fraction détritique à quartz et feldspath.

La nouvelle route de Néronde à Bussières offre une coupe remarquable dans ces formations et permet d'observer des faciès détritiques granoclassés (indiquant une polarité normale) en alternance avec ces bancs calcaires ($x = 748,00$; $y = 95,30$). Les épaisseurs de calcaire les plus importantes s'observent dans la carrière de « Chez Colombet » (10 à 15 mètres environ ; $x = 748,75$; $y = 95,15$).

Faciès particulier : dans la carrière de la Chapelle ($x = 748,30$; $y = 94,95$) et dans le Bois de la Chaux ($x = 749,55$; $y = 96,18$), des niveaux exclusivement siliceux très fins bruns à beiges, à cassure esquilleuse, pourraient être rapportés à des formations de chert.

● **Âge des calcaires.** Les calcaires de Néronde ont récemment été datés dans la carrière de « Chez Colombet » (Gigot *in* Lacroix, 1980). La base du calcaire serait placée à la limite V1b-V2a, alors que les faunes des niveaux supérieurs seraient à la limite V2b-V3a. Ces déterminations sont partiellement en accord avec celles de B. Mamet (1968) qui propose un âge V2a pour ces formations. Ces calcaires ont donc une période de dépôt plus étendue que les niveaux calcaires de Montagny (feuille Roanne) et d'Oddes datés du V2b (Lys *in* Echavarrri, 1966 ; Mamet, 1968 ; Lys et Pelhate *in* Bertaux et Rubiello, 1981).

Ces informations sur l'âge des calcaires suggèrent :

- que les formations détritiques sous-jacentes (région de Néronde) pourraient avoir un âge viséen inférieur, en accord avec les observations de Alb. Michel-Lévy (1908), et passer en équivalence avec les schistes et grès associés aux volcanites basiques de la série de l'Aix ;
- que les formations détritiques supérieures pourraient se développer pendant le début du Viséen supérieur.

Au plan paléogéographique, la discordance du Viséen sur le socle serait de plus en plus jeune du Sud-Ouest vers le Nord-Est. La nature du contact, discordant, transgressif ou érosif restant actuellement difficile à préciser. L'organisation cartographique suggère également l'existence de passages latéraux de faciès importants à une époque donnée.

Ces informations montrent l'importance d'une étude sédimentologique poussée qui reste à réaliser. Elles sont un argument sérieux pour dissocier dans le temps deux époques de volcanisme (Sider *et al.*, 1986) (série de l'Aix d'une part et série de la Brévenne-Beaujolais d'autre part), qui ont été jusqu'à présent considérées comme appartenant à une seule période magmatique dévono-dinantienne.

● **Volcanisme associé aux calcaires.** M. Hocquelllet (1979) a signalé la présence d'un pointement de basalte associé à la lentille calcaire d'Oddes. Ce volcanisme est de faible extension, mais serait relativement courant. J. Bertaux et M.F. Rubiello (1981) le décrivent sur la feuille Roanne et H. Sider (1985) en retrouve également sur la feuille Amplepuis.

h 2b. **Siltites.** Elles sont compactes lorsqu'elles sont fraîches. Elles sont gris sombre, en niveaux de plusieurs mètres d'épaisseur ou au contraire gris-vert en alternances centimétriques à métriques avec les arénites. En lame mince, elles présentent un fond phylliteux à argile - chlorite - séricite contenant du quartz et du feldspath.

h 2b. **Arénites.** Elles ont une granulométrie variable. Elles sont constituées de grains arrondis de quartz, et de feldspath en moindre quantité. Ces minéraux clastiques sont cimentés par une matrice de même composition, mais à grain plus fin, à laquelle s'ajoute la chlorite, la séricite et la calcite. Cette matrice est parfois franchement silteuse.

h 2b. **Conglomérats.** Les niveaux à galets passent des microconglomérats aux conglomérats. Ils se présentent en bancs décimétriques à plurimétriques intercalés à tous les niveaux de la formation détritique. Les galets arrondis et plus rarement anguleux sont très mal classés, avec des tailles millimétriques à décimétriques. Ils sont inclus dans une matrice arénitique. Ces galets sont polygéniques, surtout d'origine sédimentaire, quartzite blanc, souvent intraformationnels, siltite - arénite. Ils sont plus rarement volcaniques ou gneissiques.

Série des Tufs anthracifères (Viséen supérieur)

Cette série prend toute son extension au Nord et à l'Est sur les feuilles Roanne et Amplepuis. Trois unités volcaniques sont distinguées (fondées sur la terminologie adoptée par H. Sider *et al.* 1986) :

– à la base, très localement existe un pointement d'ignimbrite rose rattaché à l'unité de Brou ;

– au-dessus, et représentant le premier niveau important de la série des Tufs anthracifères, présent sur l'ensemble de la feuille Feurs, on trouve des tufs ignimbritiques et des laves dénommés « tufs communs ». Ils correspondent plus particulièrement à l'unité de Neaux définie sur les feuilles Roanne et Amplepuis. Dans la partie ouest de la feuille, ils débentent par un conglomérat de base, absent dans la partie est de la feuille ;

– dans la partie ouest de la feuille Feurs, c'est une lave rhyolitique appelée rhyolite de Boisseret qui surmonte les tufs communs. Elle est rattachée à l'unité Picard (Leistel, 1984 b) ;

– dans la partie est de la feuille Feurs, on trouve surmontant les tufs communs une ignimbrite appelée tuf Picard, et formant l'essentiel de l'unité Picard (Bertaux et Rubiello, 1981 ; Gagny *et al.*, 1989 ; lithotype à la carrière Picard feuille Roanne x = 747,8 ; y = 106,7).

● Unité de Brou

h2ctf. **Ignimbrite rose d'Oddes** (faciès rattaché à l'unité de Brou). Ce faciès très particulier n'affleure qu'en deux endroits, sous forme de petits pointements très circonscrits :

- à Oddes ($x = 729,95$; $y = 95,15$), affleurement déjà décrit par A. Echavarri (1966, p. 81) ;
- à Le Chat, sur le passage de l'autoroute ($x = 728,25$; $y = 96,85$).

Macroscopiquement, la roche est blanchâtre à rose, aphanitique. Au microscope, on reconnaît des éléments inframillimétriques peu abondants brisés, de quartz, plagioclase et chlorite. La matrice est très finement cristallisée, montrant une orientation nette.

Des éléments d'ignimbrite rose remaniés dans le conglomérat de base de l'unité de Neaux ont été retrouvés. A Oddes notamment le pointement ignimbritique apparaît nettement circonscrit au milieu de ces faciès conglomératiques. Ainsi, l'ignimbrite rose serait antérieure au conglomérat, et donc à l'unité de Neaux. Enfin, des faciès identiques sont décrits par H. Sider (1985) dans l'unité de Brou, sur la feuille Amplepuis. L'appartenance des ignimbrites roses d'Oddes à cette unité paraît indubitable. Ceci est important car le corollaire est alors une certaine antériorité de l'unité de Brou par rapport à celle de Neaux.

● Unité de Neaux

h2ctf. **Conglomérat de base et brèches associées.** Affleurements-types :
– pont sur l'Écu ($x = 728,95$; $y = 98,70$). Le conglomérat présente à la base, sur quelques mètres, une matrice schisteuse passant à une matrice tufacée. L'ensemble est surmonté des tufs communs ;

- gué de Le Munet ($x = 729,05$; $y = 100,45$) conglomérat ;
- Oddes ($x = 729,10$; $y = 95,10$) conglomérat à éléments calcaires ;
- Boisseret ($x = 728,85$; $y = 98,15$) brèche tufacée.

Un conglomérat forme le terme de base de l'unité de Neaux dans toute la partie nord-ouest du secteur, jalonnant d'une manière quasi continue, jusqu'à l'extrémité nord-est du faisceau de la Loire, le contact de cette unité avec son substratum.

Son épaisseur et son aspect sont variables. C'est un conglomérat polygénique dont les éléments peuvent atteindre le mètre. La matrice est le plus souvent pélitique, pouvant devenir tufacée à l'approche des tufs communs sus-jacents. Les éléments proviennent des séries antérieures (calcaire, grès, pélites, volcanite basique) ainsi que de l'unité de Brou (ignimbrite rose).

Très localement, on trouve des faciès particuliers, bréchiques. Ces brèches sont à éléments beige clair, de taille millimétrique à décimétrique, formant 30 à 40 % de la roche. La matrice est grise, aphanitique, évoquant l'ignimbrite rose. Ce dernier point pose le problème de l'appartenance de ce faciès bréchique au conglomérat de base des tufs communs et de ses liens éventuels avec l'unité de Brou.

Le conglomérat de base a été interprété comme fluviatile, ou proche du littoral, depuis Alb. Michel Lévy (1908).

h2c_{tf}. Tufs communs. Ce sont des roches vert bleuté à vert sombre prenant un aspect blanchâtre lorsqu'elles sont altérées. Les faciès types sont des tufs ignimbritiques et des laves à composition de rhyodacite ou de rhyolite. Ces roches sont porphyriques à grain fin (cristaux inférieurs à 3 mm).

Au microscope, on reconnaît des phénocristaux brisés ou subautomorphes de plagioclase (oligoclase basique à andésine) séricitisé et parfois envahi d'albite, de quartz en échardes ou en cristaux amiboïdes à golfes de corrosion, de biotite chloritisée, et plus rarement d'orthose dans une mésotase quartzofeldspathique.

Des tufs ignimbritiques à flammes chloriteuses sont (*tfF*) observables dans les gorges de la Loire ($x = 740,15$; $y = 94,95$). Les niveaux volcano-sédimentaires interstratifiés sont peu épais (centimétriques à décimétriques) et donc difficilement observables en dehors de bonnes coupes (par exemple en $x = 740,15$; $y = 94,95$). Un seul niveau gréseux à ciment anthracifère a été reconnu ($x = 740,00$; $y = 96,17$).

Contrairement aux formations de tufs de la bordure nord et ouest du faisceau de la Loire, et à ce qui est observé dans la moitié ouest de la feuille, les volcanites situées sur Feurs est ne débutent pas par un conglomérat de base. Les épanchements se produisent directement au contact de la série sédimentaire du Viséen moyen. Le contact des volcanites surmontant les calcaires est d'ailleurs bien visible sur la nouvelle route de Néronde à Bussières ($x = 748,00$; $y = 95,30$).

● Unité Picard

h2c_{pB}. Lave rhyolitique de Boisseret. Affleurement-type : à l'Est de Souterron, petit monticule nettement visible dans le paysage et situé à quelques centaines de mètres au Nord de Boisseret ($x = 729,30$; $y = 98,00$).

Cette lave, déjà distinguée par A. Echavarrri (1966), affleure seulement sur quelques kilomètres dans la région d'Amions, et se situe dans le prolongement de l'ignimbrite tuf Picard. Elle semble postérieure aux tufs communs de l'unité de Neaux qui l'entourent, cependant aucun contact n'a été vu sur le terrain.

Macroscopiquement, la roche montre un fond brun rouge sur lequel se détachent des phénocristaux blancs de feldspath potassique et de plagioclase pouvant atteindre 3 cm. Au microscope, la lave apparaît formée de phénocristaux de quartz rhyolitique, de plagioclase, de biotite chloritisée, d'orthose sporadique.

Une comparaison pétrographique et géochimique (tabl. 3) avec les volcanites diverses définies sur la feuille Roanne (Bertaux et Rubiello, 1981 ; Gagny *et al.*, 1989) fait ressortir la similitude de la rhyolite de Boisseret avec celle du Lourdon (Roanne 5-6, région de Quincé et Saint-Maurice-sur-Loire).

De part sa position structurale dans l'axe du tuf Picard, la rhyolite de Boisseret est intégrée à l'unité Picard.

h_{2c,p}. Tuf Picard. Affleurement-type : très visible dans les gorges de la Loire. Cette unité volcanique est constituée d'un faciès très monotone d'ignimbrite rhyolitique, défini par M.F. Rubiello (*in* Bertaux et Rubiello, 1981). L'extension de ce puissant édifice ignimbritique est considérable. Il a en effet été reconnu depuis les gorges de la Loire au Sud-Ouest, jusqu'à la feuille Beaujeu au Nord-Est. Son gisement est interprété comme une gouttière ignimbritique (Gagny *et al.*, 1989) correspondant à un fossé volcano-tectonique orienté N 50° E (Leistel et Gagny, 1984).

Sur le terrain, la roche a une patine gris bleuté à beige. Lorsqu'elle est fraîche, elle a un aspect bicolore (bleuté et rosé) marqué par la présence d'enclaves homogènes centimétriques à pluridécimétriques de teinte rose. La granulométrie est assez grossière (3-6 mm), les phénocristaux et clastes constituant 48 à 56% de la roche.

En lame mince, la roche possède une texture largement porphyrique. Le fond feldsitique finement cristallisé laisse malgré tout percevoir une texture vitroclastique. Les phénocristaux sont systématiquement formés de quartz, feldspath potassique, plagioclase et biotite chloritisée.

Les enclaves homogènes sont aphanitiques ou porphyriques. Ce dernier type d'enclave est interprété comme provenant d'une carapace en voie de consolidation située dans une zone haute de la chambre magmatique et fragmentée lors de l'explosion (Bertaux et Rubiello, 1981 ; Gagny *et al.*, 1989). La présence de ces enclaves à texture granophyrique est un des arguments avancés par J.M. Leistel et Cl. Gagny (1984) pour établir la parenté de l'ignimbrite et du granophyre de Boën-sur-Lignon.

Hypovolcanisme et plutonisme carbonifère

Granites

$\mu\gamma^B$. Microgranite en stock de Balbigny. Affleurement-type : D56 - x = 741,35 ; y = 93,95. Le petit massif reconnu par A. Echavarrí (1966) se situe entre Balbigny et Saint-Georges-de-Baroille. Il recoupe les formations sédimentaires viséennes qui apparaissent enclavées en panneaux métriques à pluridécamétriques, et recoupe également les tufs communs de la série des Tufs anthracifères. Sa couleur est grisâtre, parfois à tendance rosée. Sa texture est nettement moins porphyrique que les microgranites en filons qui peuvent le recouper. A. Echavarrí (1966) décrit des couronnes de micropegmatites abondantes.

Ce faciès peut se rapprocher du granophyre de Boën-sur-Lignon.

Massif granitique de Salt-en-Donzy. Ce massif affleure dans l'extrême Sud-Est de la feuille Feurs. Trois faciès ont été distingués :

- granite porphyroïde à biotite de grain moyen ;
- granite à biotite de grain moyen à fin ;
- leucogranite monzonitique ou alaskite.

Ces granites ont été peu étudiés. Le dernier travail connu, celui de F. Lauzac (1960) permet d'individualiser deux massifs granitiques forts différents dans cette région, et jusqu'alors confondus : le granite à amphibole de Saint-Laurent de Chamousset affleurant exclusivement sur la feuille Tarare, et le granite de Salt-en-Donzy. Seul ce dernier granite s'observe sur la feuille Feurs.

$\rho\gamma^M$. **Granite porphyroïde à biotite de grain moyen.** Affleurement-type : N89 - $x = 752,82$; $y = 82,55$. C'est un granite blanc à gris contenant des phénocristaux d'orthose maclés Carlsbad et atteignant 4 cm. Dans cette roche, les cristaux varient entre 2 et 4 mm. Le quartz est xénomorphe, à extinction roulante, en larges plages (1 cm) polycristallines engrenées. L'orthose est plus ou moins perthitique en position interstitielle xénomorphe. Le plagioclase automorphe à subautomorphe régulièrement zoné a des compositions d'oligoclase basique à andésine. La biotite parfois en agrégats a un polychromisme brun à jaune paille. Elle contient apatite et zircon. Elle se déstabilise en biotite vert bronze et mica blanc.

Des différenciations syénitiques apparaissent localement en loupes décimétriques à métriques. Des enclaves microgrenues surmicacées décimétriques sont également observables.

γ^M . **Granite à biotite de grain moyen à fin.** Affleurement-type : Civens - $x = 749,00$; $y = 88,55$. Ce faciès est considéré comme un faciès de bordure du granite précédent. Les différences essentielles sont la disparition progressive des phénocristaux d'orthose et la légère diminution de la taille du grain. Le feldspath potassique n'existe plus que sous la forme de plages xénomorphes englobant plagioclase, biotite et quartz.

Au Sud de Cottance, vers la Fouillouse ($x = 753,50$; $y = 88,95$) la fluidalité planaire magmatique devient très marquée, passant à un début de déformation plastique dont l'orientation est parallèle au contact avec l'encaissant antévisséen.

γ^{1-2} . **Granite leucocrate ou alaskite de Rozier-en-Donzy.** Affleurement-type : Les Saignes - $x = 751,05$; $y = 91,95$. Il forme une apophyse entre le massif de granite blanc de Salt-en-Donzy et l'encaissant antévisséen.

C'est une roche rose clair, à structure équante, dont le grain est de 2 à 3 mm. La minéralogie est simple. Le plagioclase (albite à oligoclase acide) est subautomorphe, alors que le quartz et l'orthose se développent en plages xénomorphes. La biotite chloritisée ne dépasse pas 1 à 2%.

Relations entre les granites ; équivalence régionale

Les granites blancs composant le massif de Salt-en-Donzy sont opposés aux granites rouges du Nord-Est du Massif central, dont l'âge carbonifère

supérieur est admis (Didier et Peyrel, 1980). Ces granites blancs sont considérés en Montagne bourbonnaise comme appartenant à plusieurs générations mises en place au Viséen. F. Lauzeac (1960), sans voir les relations avec le granite rouge de Saint-Laurent-de-Chamousset, considère le granite de Salt comme antérieur et le compare au granite de Saint-Julien-la-Vêtre (daté à 340 ± 20 Ma, C. Pin *in* notice feuille Noirétable). Pour notre part, l'aspect sur le terrain, la texture de la roche et la minéralogie nous entraînent à faire de ce massif un équivalent profond du granophyre de Boën-sur-Lignon (tel le granite de Cezay) d'âge viséen supérieur (Leistel, 1984 b ; Leistel et Gagny, 1984).

Quant au granite leucocrate rose de Rozier-en-Donzy, aucun argument ne permet actuellement de le caler avec certitude. Il peut être considéré comme un faciès différencié du granite de Salt rapporté à un apex intrusif appartenant au cortège des granites rouges.

Structure du massif de Salt-en-Donzy

Le granite possède une ou plusieurs fabriques observables sur le terrain. Des fluidalités planaires magmatiques et diastrophiques ont été mesurées sur l'orientation des phénocristaux d'orthose (granite porphyroïde) ou sur les biotites dans les faciès non porphyroïdes.

Il apparaît nettement plusieurs directions préférentielles, parfois imbriquées au niveau d'un affleurement. Ces directions sont N 140° E (vertical ou pendage à tendance est) et N 165° E-60° E. Elles correspondent à l'allongement du massif et à sa bordure est.

Des directions N 50° à 60° E verticales, N 15° à 20° E verticales et N 100° à 110° E verticales ou à pendage nord, apparaissent également. Le manque d'informations sur la géométrie du massif recouvert par les alluvions de la plaine de la Loire empêche actuellement d'interpréter ces premières informations structurales.

γ ; γ^C . **Granophyre de Boën-sur-Lignon et granite de Cezay.** Ce faciès, tout d'abord dénommé « porphyre granitoïde » par M.L. Gruner (1857) et O. Vachias (1938), est appelé granophyre depuis les travaux de A. Yama N'Kounga (1973). Il affleure à l'Ouest de la plaine de Feurs, dans la partie sud de la feuille Feurs, se poursuivant également sur la feuille Noirétable. Il forme dans sa partie sud un massif d'environ 100 km², et passe vers le Nord à un ensemble de lames de puissance hectométrique.

La roche est grise à rose, plus ou moins porphyroïde avec environ 45 % de phénocristaux : de quartz (10 %), de feldspath potassique (5 %), de plagioclase (20 %) et de biotite (10 %). Le plagioclase est généralement An₃₀, parfois zoné et pouvant atteindre An₅₅ au cœur. La biotite est presque toujours chloritisée. Les minéraux accessoires sont apatite, zircon et plus rarement allanite. La matrice, parfois très abondante (jusqu'à 60 %), est micropegmatitique (ou granophyrique), formée d'une association symplectique de quartz, albite et orthose. Cette texture particulière est classiquement interprétée comme témoignant d'un refroidissement relativement rapide d'un

magma granitique hypovolcanique. Localement, le granophyre montre des variations de taille du grain et il acquiert un aspect granitique. C'est ainsi qu'il passe progressivement, au cœur du massif, au granite de Cezay. Dans ce dernier faciès, nettement porphyroïde, le feldspath potassique devient franchement pœcilitique, englobant les autres minéraux, xénomorphe interstitiel.

Le chimisme de ces deux faciès, granophyre et granite, est tout à fait identique, marquant une composition granitique riche en K_2O (tabl. 3).

Plusieurs coupes permettent d'observer de bons affleurements en continu de granophyre type :

- au pied de Saint-Germain-Laval, le long de l'Aix ;
- le long de la N 89, joignant Boën-sur-Lignon à Noirétable, à la sortie ouest de Boën. Un faciès à cordiérite a été décrit par A. Yama N'Kounga (1973) dans cette même région, dans la grande carrière de Boën-sur-Lignon ($x = 730,15$; $y = 83,50$).

Dans la région de Servaux (limite ouest de la feuille Feurs, route de Saint-Martin-la-Sauveté), et prenant toute son extension sur la feuille Noirétable, un métamorphisme de contact est plus ou moins visible (microscopiquement), au sein du granophyre. Il se manifeste tout d'abord par une recristallisation en bordure des phénocristaux de biotite, qui peut aller ensuite jusqu'à une recristallisation complète et un développement de petites biotites dans la matrice ou en veines. Ce métamorphisme de contact affecte également les formations encaissantes de la série de l'Aix (voir ci-dessus). L'origine de ce métamorphisme, non attribuable au granophyre, est à rechercher dans l'existence de granite non affleurant (voir ci-dessous).

L'appartenance du granophyre à la lignée des Tufs anthracifères et sa parenté avec le granite de Cezay ont été établies (Vachias, 1938 ; Yama N'Kounga, 1973). Plus récemment (Leistel et Gagny, 1984), une argumentation basée sur des données de pétrologie structurale, de géochimie et de minéralogie a permis notamment de préciser ces liens : le granophyre serait l'équivalent hypovolcanique de l'ignimbrite rhyolitique appelée « tuf Picard », définie sur la feuille Roanne (Rubiello, *in* Bertaux et Rubiello, 1981 ; Gagny *et al.*, 1989), et qui appartient au sommet de la série des Tufs anthracifères du Viséen supérieur. Le granophyre est ainsi calé chronologiquement. Ceci est confirmé par des arguments de terrain : au lieu-dit les Guérimbeaux (feuille Noirétable, $x = 719,10$; $y = 92,30$) le granophyre est en contact intrusif avec un tuf conglomératique à galets calcaires marquant la base de la série des Tufs anthracifères.

L'étude de pétrologie structurale du granophyre de Boën-sur-Lignon et du granite de Cezay (fig. 3) nous a montré que leur mise en place se fait essentiellement dans une structure en caisson d'axe N 50 à N 70°E, à cœur de granite de Cezay (fig. 4). En allant vers le Nord, ce caisson se dilacère en une succession de lames parallèles, puis il est relayé par une mise en place dans un couloir de fracturation à N 115° E. Cette structure de semi-profondeur est liée à la structure superficielle appelée « gouttière ignimbritique » par Cl. Gagny *et al.* (1989), dans laquelle se met en place le tuf Picard. L'en-

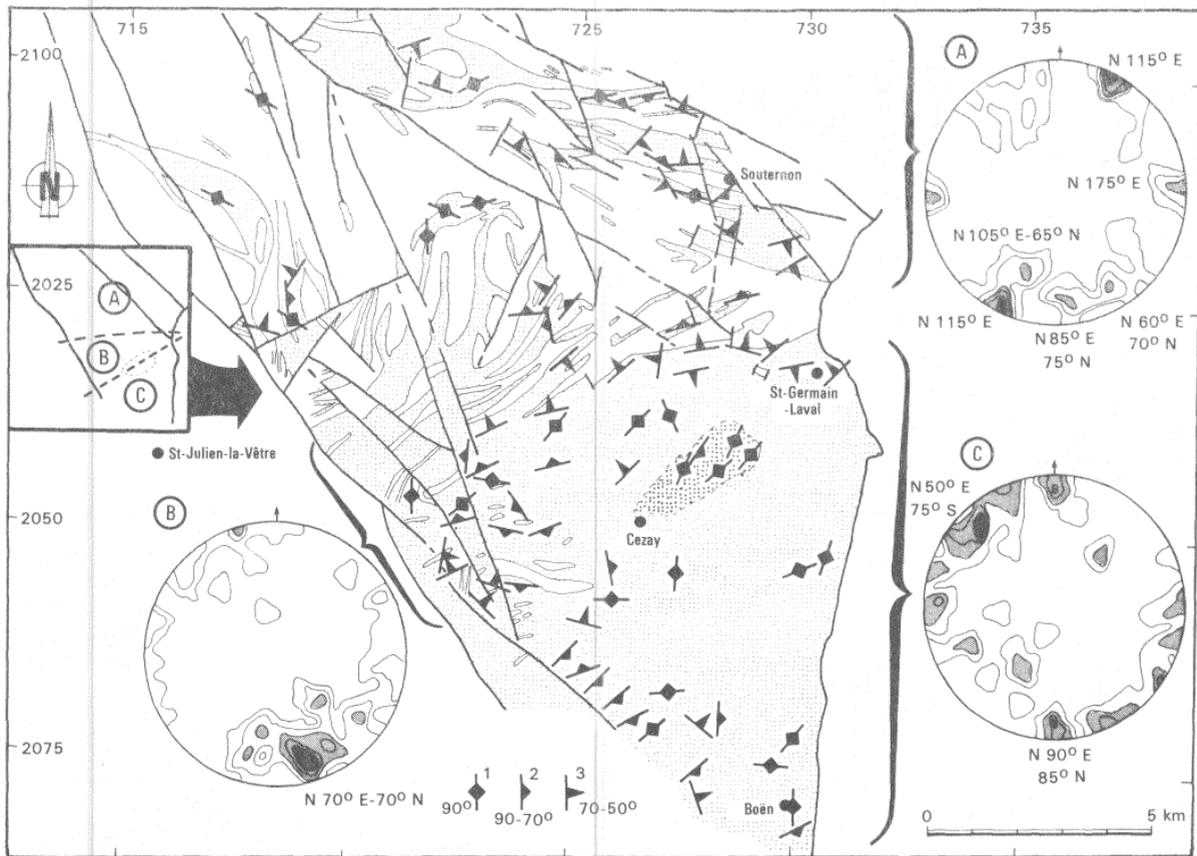


Fig. 3 - Carte de pétrologie structurale du granophyre de Boën et stéréogrammes des pôles de plan de fluidalités planaires magmatiques et imbriquées, réalisées par zones (voir le cartouche)

Les plans de fluidalités planaires soulignent la mise en place en caisson dans les zones (B) et (C) et la forme des lames de granophyre dans la zone (A). Canevas de Schmidt, hémisphère inférieur, grille de Kalsbeek. A : 38 mesures (11,8 - 9,2 - 6,6 - 3,9 - 1,3%); B : 56 mesures (8 - 6,2 - 4,5 - 2,7 - 0,9%); C : 46 mesures (7,6 - 5,4 - 3,3 - 1,1%); fluidalités planaires : 1 - verticales; 2 - pendage de 70 à 90°; 3 - pendage de 50 à 70°. (d'après J.M. Leistel et Cl. Gagny, 1984)

semble former un fossé volcano-tectonique d'importance crustale (Leistel et Gagny, 1984) qui s'intègre dans un schéma tectono-magmatique évolutif du Viséen supérieur de l'ensemble du faisceau hercynien de la Loire (Sider *et al.*, 1986).

Des prolongements ou des répétitions de cette fosse volcano-tectonique peuvent être envisagés pour des faciès granophyriques ou granitiques comparables au granophyre de Boën-sur-Lignon : granophyre de Pont Tarentaix (feuille Thiers ; Valizadeh, 1969), granites à biotite à tendance microgrenue de la région de Beaujeu, Cluny, etc. (Leistel, 1984).

γ. **Granite du Moulin Barbeau.** Ce granite affleure, en filons métriques à décamétriques, essentiellement sur la feuille Noirétable (affleurement-type au lieu-dit le Moulin Barbeau, dans une petite carrière en bord de route, x = 719,70 ; y = 99,30). Sur la feuille Feurs un seul filon est connu (route de Saint-Germain-Laval à Saint-Martin-la-Sauveté, x = 727,80 ; y = 93,70).

Macroscopiquement, la roche est claire, finement grenue, parfois porphyrique. Au microscope, la texture est équigranulaire (taille des cristaux inférieure à 1 mm). Une matrice micropegmatitique peut se développer. Les cristaux sont du quartz, du feldspath potassique perthitique, de l'albite et de la biotite. Les minéraux accessoires sont le zircon, l'apatite et le rutile.

Le chimisme de ces granites (tabl. 3) est caractérisé par un taux élevé en SiO₂ et de faibles teneurs en Al₂O₃, CaO, MgO et TiO₂. Ceci les rend comparables aux termes évolués des lignées de type granite rouge ; telle celle de l'ensemble Mayet—Arfeuilles—Droiturier (Leistel, 1983).

Signalons que des anomalies à Sn-W sont liées à ces manifestations granitiques.

Ces granites sont postérieurs au granophyre de Boën qu'ils recoupent et sont recoupés par des filons de microgranite porphyrique. Leur âge est donc probablement carbonifère supérieur, proche de celui des granites rouges cités.

Roches filoniennes

μγ^P. **Microgranite porphyrique (Viséen supérieur à post-Viséen).** Affleurement-type : carrière sur la D 1 - x = 746,95 ; y = 95,20. Il affleure en faisceaux de filons d'orientation N 140° à 150° E. La roche a une couleur rose à rouge brique tirant parfois sur le gris. La texture est microgrenue porphyrique, à phénocristaux millimétriques à centimétriques de feldspath potassique, plagioclase (An₃₀), quartz et biotite plus ou moins chloritisée.

La mise en place du microgranite porphyrique, qui débute au Viséen supérieur, est contemporaine des volcanites (Bertaux et Gagny, 1978) et se poursuit durant le Carbonifère. Ceci s'accompagne d'une évolution chimique et minéralogique, depuis des faciès à pyroxène et biotite, jusqu'à des termes plus acides à biotite seule (Gagny *et al.*, 1989). Ces microgranites

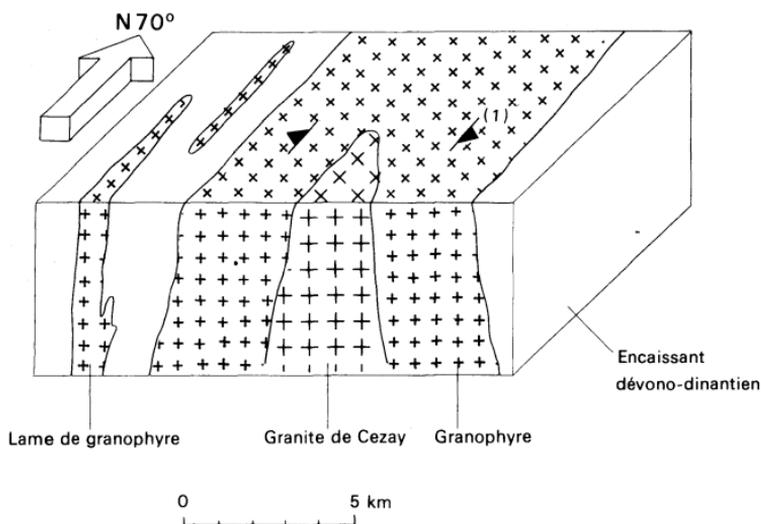


Fig. 4 - Schéma de la structure en caisson du granophyre, zones (B) et (C) de la figure 3. Le granite de Cezay marque l'axe de cette structure, les fluidalités planaires magmatiques (1) sont parallèles aux parois du caisson (d'après J.-M. Leistel et Cl. Gagny, 1984)

peuvent être riches en enclaves sombres millimétriques de métamorphites riches en petits grenats rouges visibles à l'œil nu (exemple des filons présents dans la carrière de Boën, $x = 730,15$; $y = 83,50$). C'est sur l'un de ces faciès de Boën que J. Bertaux (1982) a établi l'origine métamorphique des grenats des formations du Viséen supérieur.

aγ. **Aplite (Viséen ou post-Viséen).** Affleurement-type :

- carrière D 113 - $x = 751,35$; $y = 86,40$ recoupant le massif de Salt-en-Donzy ;
- carrière de Boën-sur-Lignon - $x = 730,15$; $y = 83,50$ recoupant le granophyre de Boën-sur-Lignon.

Les aplites se présentent en filons intrusifs dans le massif granitique de Salt-en-Donzy, selon deux directions conjuguées N 20° E et N 160° E, et dans le granophyre de Boën-sur-Lignon (rares, visibles uniquement dans la carrière de Boën), selon les directions N 10° E-vertical, N 95° E-50° N et N 145° E-35° SE.

La roche est rose, finement saccharoïde. Au microscope, quelques petits cristaux d'albite et de quartz s'individualisent dans une mésostase finement granophyrique. Quelques lattes de biotites chloritisées et de micas blancs s'observent également.

L'âge de ces filons n'est pas connu. L'équivalence des filons recoupant

granophyre de Boën et granite de Salt n'est pas établie non plus. Il peut s'agir de liquides résiduels liés aux granites, ou d'un magma plus récent.

$\mu\gamma^1$. **Micro-alaskite porphyrique (post-Viséen)**. Affleurement-type :
— tout le piton sur lequel est construit Saint-Germain-Laval, et notamment au pied de l'église du XV^e siècle se trouvant dans le vieux village ;
— carrière sur la D 1 - x = 746,95 ; y = 95,20.

Tout d'abord appelé microgranite filonien par J. Bertaux et M.F. Rubiello (1981), ce faciès a été dénommé micro-alaskite porphyrique par C. Gagny *et al.* (1989). La roche est rose, microgrenue porphyrique. Sur le terrain, seuls les cristaux de quartz globulaires sont bien visibles. L'altération révèle parfois les phénocristaux de feldspath (orthose et albite) qui autrement se confondent avec la matrice. Les ferromagnésiens sont rares.

La micro-alaskite affleure en faisceau filonien N 120° à 150° E, et parfois en petits massifs (ex. de Saint-Germain-Laval). L'âge de faciès n'est pas connu, il est postérieur au microgranite porphyrique qu'il recoupe (Bertaux, 1979).

ν . **Lamprophyre**. Ces filons, d'une puissance pluricentimétrique, semblent relativement abondants, dans la mesure où leur grande altérabilité rend leur observation difficile. Il s'agit d'une roche sombre, parfois vacuolaire, à petits phénocristaux de ferromagnésiens. Il s'agit généralement de spessartite ou de kersantite.

Leur âge n'est pas connu. Ils seraient au moins postérieurs au microgranite porphyrique qu'ils recourent.

Évolution géodynamique carbonifère

Les structures observées au niveau des faciès viséens correspondent à l'agencement cartographique des formations. La structure générale des terrains est orientée N 50° E, avec un pendage vers le Nord-Ouest, et tend à devenir progressivement Est-Ouest vers l'Est de la feuille.

Deux phénomènes peuvent expliquer cette disposition :

1) Au moins à partir du Viséen moyen, s'instaure une activité structurale qui va conduire à la formation d'un fossé volcano-tectonique (Leistel et Gagny, 1984 ; Sider 1985 et Sider *et al.*, 1986). Cette structure est une vision nouvelle de ce qui était appelé faisceau synclinal de la Loire depuis Alb. Michel-Lévy (1908). Ainsi, les structures sédimentaires, l'écoulement des volcanites, l'intrusion du granophyre de Boën-sur-Lignon et l'organisation des réseaux filoniens sont compatibles avec les directions d'extension, d'aplatissement et de Riedel d'un système crustal en cisaillement senestre Est-Ouest.

Les terrains situés sur la feuille Feurs constituent pratiquement l'extrémité sud-ouest du fossé volcano-tectonique. Le système d'effondrement en horst et graben suivant une direction N 50° E peut expliquer la géométrie

des formations à l'affleurement parallèlement à la gouttière ignimbritique du tuf Picard. Ainsi, les formations de la série de l'Aix forment un axe N 50° E se poursuivant sur la feuille Noirétable, épaulé vers le Nord par un « axe volcanites du Viséen supérieur » (ce sont d'ailleurs de tels agencements qui ont pu mimer des structures synclinales ou anticlinales). Les fabriques du granophyre de Boën-sur-Lignon (fig. 3) témoignent d'une mise en place dans une structure d'effondrement en caisson (fig. 5), placée dans l'alignement de la gouttière ignimbritique du tuf Picard (partie est de la feuille Feurs et feuilles Roanne et Amplepuis).

2) Après cette phase de cisaillement, accompagnée de distension, le déclenchement de la phase sudète va aboutir à la fermeture du fossé volcano-tectonique. Ainsi, sur sa bordure sud (Beujolais, feuille Amplepuis) le fossé subit une tectonique tangentielle calée par l'intrusion postérieure de granites rouges westphaliens dans les plans de charriage (Gagny *et al.*, 1981). Les plans de chevauchement, orientés NE-SW sont à vergence NW. Cette tectonique n'apparaît pas sur la carte de Feurs, où les structures tangentielles pourraient passer à un domaine plissé à N 50° E, comme le suggèrent les boutonnières anticlinales à cœur viséen sédimentaire (Saint-Colombe-sur-Gand par exemple). A partir de Néronde, cette tectonique pourrait également impliquer des décrochements dextres N 120° E (faille de Saint-Paul-de-Vézelin) comme sur la feuille Noirétable (Leistel et Gagny, 1984).

Conséquences sur l'interprétation du métamorphisme de contact et aspects métallogéniques

L'existence d'un métamorphisme de contact, tant au sein de la série de l'Aix que du granophyre de Boën, est reconnue depuis longtemps (Jung et Vachias, 1937 ; Vachias, 1938). Son lien avec des coupoles de granite contemporain des granites namuro-westphaliens (type Le Mayet-de-Montagne) a été proposé (Yama N'Kounga, 1973). Mais ce n'est que récemment que des « satellites » de ces coupoles granitiques ont pu être mis en évidence à l'affleurement ; c'est à ce que nous avons appelé granite type Moulin Barbeau (Leistel, 1983). Les manifestations visibles de ces coupoles seraient alors :

- des filons de granite type Moulin Barbeau ;
- un métamorphisme de contact ;
- une altération hydrothermale pouvant s'accompagner d'indices Sn-W.

La mise en place de ces coupoles paraît guidée par les structures acquises au Viséen supérieur et lors de la phase sudète. Les auréoles de métamorphisme de contact présentent en effet une orientation moyenne N 60° E. Ces auréoles sont peu visibles sur la feuille Feurs, mais leur organisation apparaît nettement sur l'ensemble des feuilles Noirétable et Feurs.

Dans la mesure où des indices à Sn-W sont liés à de telles coupoles (Leistel, 1983), nous aurions là des métallotectes, tels ceux mis en évidence dans le Beaujolais (Gagny *et al.*, 1982 et 1983). De tels indices ne sont pas connus sur la feuille Feurs, mais sur la feuille Noirétable. A noter que des phénomènes semblables sont présents pour le gîte stannifère de Charrier (feuille Le Mayet-de-Montagne) et peuvent s'interpréter de la même façon (Leistel, 1984 a).

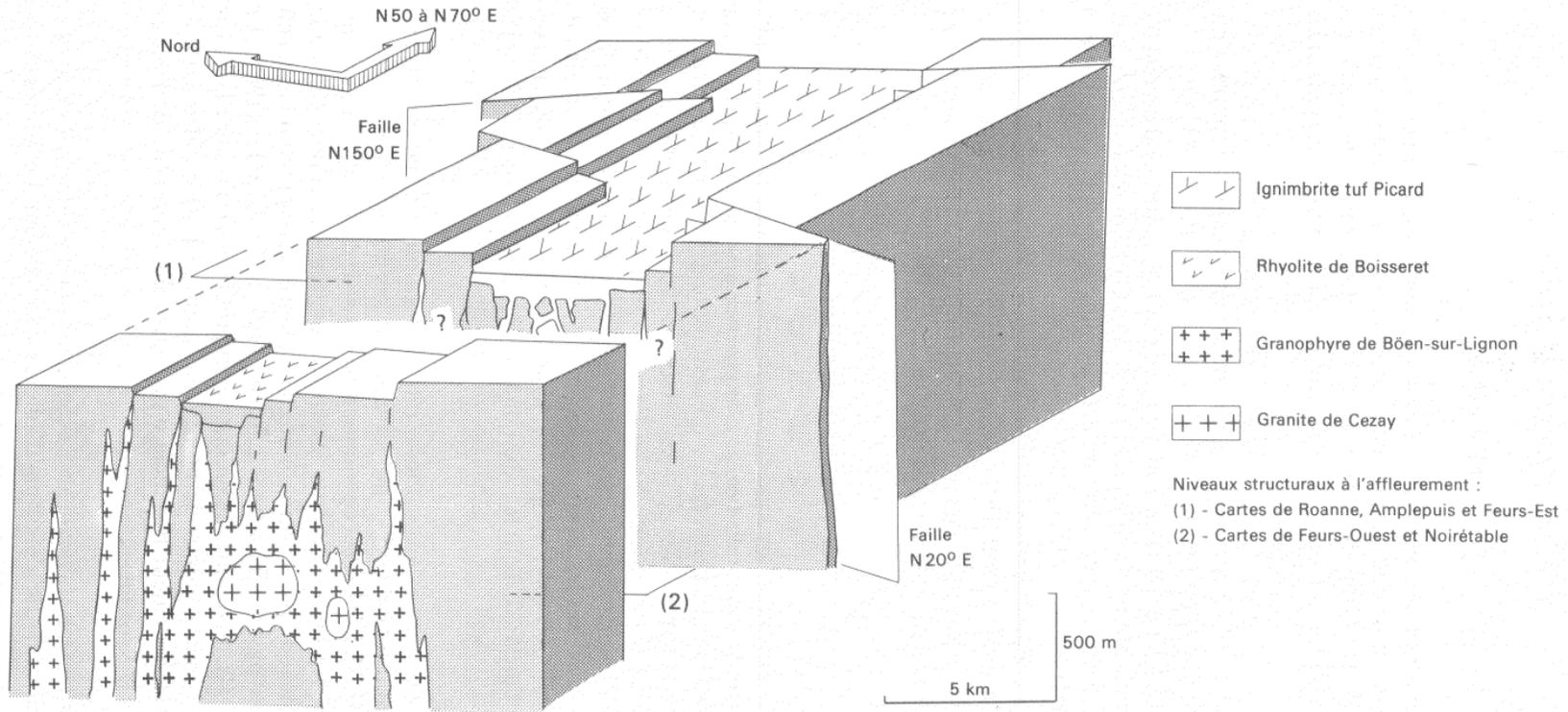


Fig. 5 - Schéma des relations structurales proposées entre la gouttière ignimbritique du tuf Picard, la zone d'épanchement de la rhyolite de Boisseret et le caisson granophyrique de Böen-sur-Lignon : le fossé volcano-tectonique.

TERTIAIRE (OLIGO-MIOCÈNE)

Volcanisme

β. Volcanisme tertiaire sur socle. Les pointements volcaniques tertiaires présents sur la feuille Feurs représentent l'extrémité nord-ouest du système volcanique de la région de Montbrison. Ce volcanisme a été étudié par J. Hernandez (1971) et daté du Miocène par H. Bellon et J. Hernandez (1979).

J. Hernandez (1971) décrit trois gisements, et en signale deux autres figurant sur la feuille Montbrison à 1/80 000, mais qu'il n'a pas retrouvés :

- Cezay – La Vialle : au-dessus du village de Cezay, sommet où est installé une statue de la Vierge ($x = 726,70$; $y = 90,55$). C'est un dyke orienté NE-SW, constitué de basanite à leucite avec nombreuses enclaves de socle et nodules de péridotite, à débit en petits prismes verticaux.
- le signal de Boën : domine la ville à environ 1 km au Sud-Ouest (non retrouvé). Ce serait un petit neck de limburgite à prismation horizontale.
- Gouttelas : au Sud de Trelins ($x = 729,80$; $y = 81,40$). C'est un lambeau de coulée de basanite à analcime, se débitant en dalles.

Terrains sédimentaires

Sauf sur les bordures, les conditions d'observation sont particulièrement médiocres dans la plaine du Forez. L'alternance des faciès et surtout leur évolution pédologique convergente rendent toute distinction très aléatoire dans les niveaux superficiels. L'interprétation structurale et stratigraphique reste marquée par les travaux de Le Verrier, auteur de la première carte à 1/80 000 (1889), qui subdivisait le Tertiaire forézien en 4 « étages », les plus anciens affleurent sur les bordures, les plus récents se localisent au centre-Est de la plaine. Cette conception s'appuyait sur l'existence de failles importantes sur la bordure orientale créant une dissymétrie du bassin d'effondrement.

P. Duclos a conservé dans sa thèse (1967) la division en 4 étages et la carte à 1/50 000 Montbrison (1974), qui s'appuie sur ses tracés, adopte le même schéma. Mais, M. Lorenchet de Montjamont, auteur de la notice, a parfaitement montré les limites de cette interprétation, les incertitudes dues à la localisation des sondages profonds et les incidences cartographiques qui en résultent. Les observations de P. Larqué (1969) et M. Schuler (1967), de F. Tomas (1971), ont contribué à resserrer les problèmes mais seule la multiplication de sondages à grande profondeur pourrait les résoudre. La présente feuille a justement bénéficié d'une nouvelle campagne de forages entrepris par la Cogema.

De toute manière, il convenait de renoncer à la division en 4 « étages », l'ambiguïté de ce terme n'étant pas d'ailleurs le seul défaut. Les unités carto-

graphiques, choisies en fonction de caractères sédimentologiques et minéralogiques simples, ne correspondent pas à des séquences et encore moins à des étages au sens géologique habituel.

Quatre ensembles sont distingués :

- les *faciès de bordures*, constitués de blocs, graviers, sables argileux et argiles rouges, disposés à la périphérie du bassin et auxquels sont associées les formations argilo-sableuses de la dépression de l'Onzon ;
- les *sables et argiles de Sainte-Foy*, ensemble médian qui se caractérise par des alternances de sables plus ou moins grossiers peu argileux et d'argiles grises, beiges ou verdâtres ;
- les *sables de Poncins*, plus évolués, moins feldspathiques, alternant eux aussi avec des lits argileux verdâtres ;
- les *argiles et marnes vertes*, nommées localement « lauzes », qui affleurent sur la rive droite de la Loire, près de Feurs.

Minéralogie des argiles. Les sédiments ont fait l'objet, au laboratoire de l'Institut de géologie de Strasbourg, d'analyses par diffractométrie de rayons X. L'interprétation des spectres a été faite par P. Larqué.

Les échantillons analysés proviennent :

- du sondage MOB 1 de la Cogema (510 m), à Saint-Sulpice, dont la coupe est donnée en marge de la carte ;
- de 14 sondages courts (de l'ordre de 20 m) du SGN (Service géologique national), implantés selon un profil équatorial entre Arthun et Cleppé ;
- de coupes superficielles à des fins comparatives.

Malgré le nombre d'analyses (80 sur les échantillons SGN), il convient d'utiliser avec prudence les données recueillies sur des échantillons qui représentent inégalement les formations cartographiées. Il est néanmoins possible de dégager quelques conclusions.

Les *faciès de bordure* (sondages d'Arthun et du Solat) révèlent une prépondérance de la smectite (60 à 70 %, contre 15 à 20 % de kaolinite et autant d'illite). La teneur relative en smectite se renforce dans les niveaux superficiels et le fait se vérifie pour les affleurements de Montézin (près de Balbigny). A Saint-Germain-Laval (route de Nollieux), le substrat granitique, altéré et rougeâtre, révèle jusqu'à 97 % de smectite. Cette altération est fondamentalement différente de celle décrite à propos des paléosols ferrugineux ou encore de celle mise en évidence par le sondage profond de Saint-Sulpice.

Les *faciès argileux rouges de l'Onzon* (considérés également comme faciès de bordure, au sens large) sont constitués de 35 à 50 % de kaolinite, 15 à 20 % d'illite et 30 à 50 % de smectite.

L'ensemble des *sables et argiles de Sainte-Foy* offre des chiffres assez variables qui traduisent certainement la diversité des apports : 35 à 55 % de kaolinite, 15 à 20 % d'illite, 30 à 50 % de smectite. Dans la partie inférieure de

cet ensemble (Bois Saint-Pierre ; les Geais), la kaolinite est encore prépondérante.

Les *sables de Poncins* ont une fraction argileuse à kaolinite dominante (50 à 60 %, contre 15 % d'illite et 25 à 35 % de smectite. Mais leurs intercalations d'argiles vertes (sondage de Cleppé, affleurement du Grénou à Maconne, etc.) présentent au contraire une composition dans laquelle la smectite l'emporte (50 %, avec 30 % de kaolinite et 20 % d'illite).

Les « *lauzes* » ont une composition complètement différente : 80 % d'illite et 20 % de smectite. L'analyse sur roche totale accuse en outre une forte proportion d'analcime. Ce minéral d'origine volcanique signalerait ainsi une activité éruptive contemporaine de la formation des « *lauzes* ».

P. Paléosol ferrugineux. La présence, au début de la série tertiaire du Forez, de formations sableuses et argileuses fortement rubéfiées a été interprétée depuis longtemps comme le témoignage du démantèlement de sols tropicaux formés probablement à l'Éocène. Cette conception s'appuie sur des observations faites dans les autres bassins du Massif central.

La réfection de la route D8 au Nord de Saint-Germain-Laval a mis en évidence, sur la rive droite de l'Ysable, un paléosol qui présente tous les caractères de ceux du Lembron ou des environs de Saint-Dier (Puy-de-Dôme). La base du profil n'est pas dégagée mais, de toute manière, le socle est proche. De bas en haut se remarquent :

- formation argileuse massive, de couleur rouge contenant de petits nodules de goëthite ;
- sur un mètre environ, formation pseudo-stratifiée alternativement rouge et blanche, orange vers le haut ;
- sur 20 cm, formation argilo-sableuse de couleur beige, à petites concrétions brunes et traînées noirâtres (matière organique ?) ;
- sur 10 cm, sable argileux beige-orange, puis 5 cm d'argile blanche ;
- sur 20 cm, colluvions d'alluvions.

Les analyses par diffractométrie (Institut de géologie de Strasbourg) des deux formations inférieures indiquent :

- sur roche totale, 35 % de quartz, 60 % d'argile et 5 % de goëthite-hématite ;
- sur la fraction inférieur à 2 μ , 75 à 80 % de kaolinite, près de 20 % de smectite et une faible proportion d'illite.

Le sondage MOB 1 de Saint-Sulpice a rencontré une formation identique, au toit du socle, à 500 m de profondeur. La kaolinite domine également dans ce profil enfoui.

g ; gG ; gS. **Faciès des bordures.** Du fait de la structure générale du bassin, ces faciès sont très limités et parfois absents sur la bordure orientale. A l'Ouest, par contre, ils sont mieux développés. La description se fera dans l'ordre de leur apparition d'Ouest en Est.

gG. **Conglomérats.** Ils tapissent le bas-versant de la chaîne forézienne au Sud de Boën dans le prolongement des affleurements bien connus sur la feuille Montbrison (coupes de Pralong, Marcoux).

Il s'agit de sables et d'argiles de couleur grise à jaunâtre, renfermant des blocs anguleux et des galets hétérométriques (quelques cm à quelques dm) de roches du socle. L'orientation de ces matériaux grossiers évoque un écoulement vers la plaine ; la stratification grossière accuse un pendage Est de l'ordre de 20°.

Interprétés d'abord comme des moraines, ces conglomérats ont été replacés par P. Glangeaud (1910) dans le cycle oligocène d'effondrement du bassin et de surrection de la chaîne forézienne. F. Tomas (1971) a remis en question leur âge. Il ne semble pas, en effet, que cette formation, alimentée par des roches fraîches (mais ultérieurement altérées) et contenant tout au plus quelques nodules de paléosols, puisse marquer le tout début du remblaiement oligocène. Mais le fait qu'elle soit traversée par les dykes basaltiques situés au Sud-Ouest de Trelins et nettement affectée par les accidents de la bordure plaide en faveur d'un âge oligocène. Le relèvement tectonique de la bordure ne facilite pas les corrélations et, dans l'état actuel des connaissances, il est malaisé de placer ces conglomérats en équivalence avec l'une ou l'autre des formations sablo-argileuses du bassin. La présence des galets et le mode de gisement excluent en tout cas l'hypothèse de formations péri-glaciaires quaternaires.

Sur la bordure orientale, le faciès conglomératique se retrouve uniquement aux Côtes de Donzy mais avec des blocs ou galets moins volumineux (2 dm au maximum) disposés en cordons dans des sables argileux rougeâtres. Comme à Salt, un accident limite sans doute le socle. Un petit témoin de la formation subsiste sur le socle dans la carrière de Donzy.

Au même faciès conglomératique est rattaché le lambeau de Saint-Germain-Laval, qui se présente comme un vaste cône de déjection et qui a subi d'ailleurs des remaniements au Quaternaire. C'est ainsi qu'à l'Ouest de la route de Saint-Germain à Saint-Julien-d'Oddes, la formation paraît reprise dans une phase alluviale dont la morphologie conserve les traces. Semblable remarque vaut pour le secteur de Trelins où des formations de versant se superposent aux conglomérats en leur empruntant galets et matrice. Dans un souci de clarté, ces phénomènes récents et pelliculaires n'ont pas été représentés.

gS. **Graviers et sables.** Entre Saint-Germain-Laval et Boën, le faciès de bordure est constitué sur une largeur de 500 m à 2 km par des sables à matrice argileuse rougeâtre contenant une certaine proportion de matériaux grossiers disséminés. Ces fragments anguleux ou légèrement émoussés, de 1 à quelques centimètres, proviennent directement du socle en regard. Vers l'Est, cette formation passe à des sédiments plus argileux mais il est fort possible que la côte d'Arthun à Bussy cache une faille dont le rôle serait de surélever la bordure.

Le même faciès se retrouve sur la bordure orientale (Montézin, les Odierts, près de Balbigny).

g. **Sables et argiles.** Cet ensemble se caractérise globalement par une plus forte proportion des argiles et la présence de bancs argileux rougeâtres. Ces

critères n'ont évidemment pas la même portée sédimentologique mais constituent des données immédiates de terrain. Les coupes des carrières ouvertes pour alimenter la tuilerie de Sainte-Agathe sont les endroits privilégiés pour observer ces formations. On y remarque l'alternance de bancs de composition et de coloration différentes avec des passages rapides des uns aux autres qui semblent rendre aléatoire toute définition précise de la succession des couches. C'est ce que confirment les sondages implantés dans la dépression de l'Onzon entre le Solat et les Rugnieux. Il s'y rencontre non seulement les argiles rougeâtres à fort pourcentage de kaolinite mais des argiles grises ou marbrées orange et gris dans lesquelles la smectite domine. Ces argiles comportent, en proportion variables, une charge de sables feldspathiques et alternent avec des bancs sableux gris-bleu.

Ces faciès, qui s'étendent à toute la dépression de l'Onzon, se suivent au Nord et se voient dans les ravins au Sud des Petits Chantois (cours inférieur de l'Onzon) ainsi que dans la Goutte des Planchettes entre Pommiers et Saint-Georges-de-Baroille. Il leur est rattaché les formations jadis exploitées dans la Goutte du Sac, à Saint-Paul-de-Vèzelin, pour la fabrication des tuiles et de produits réfractaires, ainsi que les argiles utilisées par des anciens potiers de Saint-Georges. Sur la bordure orientale, les affleurements de Balbigny et de Salt s'apparentent également aux mêmes formations. A Pouilly-les-Feurs, vers le cimetière, elles s'enrichissent de veinules et nodules carbonatés qui paraissent dûs à des phénomènes hydrothermaux à placer en relation avec les fractures de la bordure.

g-m. **Sables et argiles de Sainte-Foy.** L'ensemble des sables et argiles dits de Sainte-Foy se place à la fois à l'Est des sables et argiles de l'Onzon et stratigraphiquement au-dessus. Il peut être globalement caractérisé par la disparition des faciès rouges et une nette prépondérance des bancs sableux dans lesquels s'intercalent des lits d'argiles sableuses grises ou vertes. Du point de vue minéralogique, les proportions de kaolinite et de smectite tendent à s'équilibrer.

Il ne semble pas qu'il y ait de coupure nette entre cet ensemble détritique et les deux autres qui l'encadrent. Les contours, nécessairement arbitraires, s'appuient sur les sondages et les rares coupes de terrain (entailles du Gond). Les encroûtements calcaires signalés par P. Duclos vers Saint-Sulpice, et qui auraient pu marquer une limite de séquences, n'ont pas été retrouvés. Le sondage MOB 1 de la Cogema ne révèle aucune discontinuité. Il n'en reste pas moins que cet ensemble médian a, globalement, comme indiqué plus haut, des caractères propres. Son extension correspond sensiblement à la ride sub-méridienne séparant le bassin de l'Onzon de la Loire. Les formations qui le composent donnent des sols sablo-argileux, lessivés en surface et à horizon B généralement bien marqué. Les plus sableux de ces sols reçoivent le nom local de « varences ».

mS. **Sables de Poncins.** L'unité cartographique dite des sables de Poncins est considérée sans faire aucune référence à la définition du « 3^e étage » de P. Duclos. Ces formations ne représentent peut-être qu'un faciès particulier ou final des « sables et argiles de Sainte-Foy » avec lesquels il est malaisé de tracer une limite précise sur le terrain. Les coupes révèlent cependant des

différences. Ainsi, le ravin au Sud de la Varenne (commune de Poncins) montre des sables fins ou grossiers, gris ou bleuâtres, essentiellement quartzeux contenant quelques galets de quartz dispersés de 2 à 5 cm. Les grains sont plus usés et mieux calibrés que dans les ensembles précédents. Des lits d'argile verte d'une épaisseur de 10 cm (parfois plus minces) s'interstratifient. Les analyses aux rayons X révèlent une prépondérance de la smectite (55 %, contre 30 % de kaolinite et 15 % d'illite) comme pour les argiles qui affleurent dans le Grenou près de Maconne. Un sondage implanté à Cleppé a traversé dès les premiers mètres une argile verte à légère réaction calcaire, parcourue de veinules blanchâtres carbonatées. En-dessous, les sables argileux de couleur bleue renferment encore quelques passages argileux à forte proportion de kaolinite (45 à 60 %).

Ces sables quartzeux bleuâtres et ces argiles vertes à smectite qui caractérisent l'ensemble semblent avoir été retrouvés au Nord-Est et à l'Est de Cleppé, sous les alluvions de la Loire, par certains forages (fiches 7.54, 7.55, 7.56 du Service géologique régional).

mM. **Argiles et marnes (« lauzes »)**. Le terme local de « lauzes » désigne des argilites faiblement calcaires formant la cuesta de la rive droite de la Loire en amont de Feurs. Ce sont des roches vertes feuilletées dont la fraction inférieure à 2 μ révèle une prépondérance de l'illite (80 %). Ce pourcentage ainsi que la présence d'analcime (*cf. supra*, minéralogie des argiles) caractérise cette formation.

Les « lauzes » se prolongent sous la ville de Feurs (forages 8.1 et 8.3 consultés au S.G.R.) et à l'Est jusqu'à mi-chemin de Salt (forage 8.38 près de la Limouzine). On ignore comment elles se terminent au-delà.

FORMATIONS SUPERFICIELLES-QUATERNAIRE

Formations dérivées des roches éruptives

C β . **Colluvions à blocs de basalte**. Elles se localisent au Sud de Trelins sur un versant dominé par un appareil volcanique.

C γ . **Colluvions arénacées et blocailles**. A la périphérie du bassin sédimentaire, il est fréquent d'observer des colluvions alimentées par le socle cristallin, plaquées contre celui-ci ou recouvrant un peu le Tertiaire. C'est en quelque sorte une formation de piémont qui masque souvent le contact entre socle et Tertiaire. Ce sont des arènes contenant des fragments centimétriques de roches dures. Suivant le contexte pétrographique, les blocs peuvent dominer (secteur de Boën). Blocs et fragments possèdent encore des arêtes vives, tout au plus émoussées, sans jamais présenter d'usure fluviale sauf lorsque ces formations ont emprunté leurs éléments à des alluvions. L'épaisseur atteint 2 à 3 m, mais ce sont des formations très irrégulières se terminant souvent en biseau et qui passent à des complexes colluviaux (C, K). La mise en place paraît essentiellement due aux phénomènes péri-glaciaires du Quaternaire supérieur.

Formations dérivées des sédiments tertiaires et/ou du socle

CR^{III}. **Colluvions sablo-argileuses.** Les sédiments tertiaires ont subi des remaniements superficiels dont il est en général malaisé d'apprécier l'ordre de grandeur. Certains repères permettent de mieux cerner le phénomène dans quelques secteurs et de le représenter par un figuré spécial. C'est le cas dans le Nord du bassin où des formations sablo-argileuses débordent sur les alluvions anciennes (Pommiers).

Trois cas ont été distingués suivant que ces colluvions se présentent en nappe (Forêt de Bas), en recouvrement d'alluvions (Pommiers) ou sur certains versants dont le substrat n'a pas été identifié (Baroille, Saint-Georges). Cette représentation traduit donc également les lacunes de la connaissance en ce qui concerne l'Oligocène.

Ce sont des sables argileux de couleur beige dont la partie supérieure obli-térée par la pédogenèse présente un horizon lessivé puis un horizon d'accu-mulation (B) à concrétions noirâtres qui se transforme souvent en alios (« mâchefer » en parler local). Le sommet de la Forêt de Bas est occupé par une formation caillouteuse (blocs et galets peu usés) qui paraît coiffer toutes les formations. A la même unité cartographique, il est rattaché les sables grésifiés qui se rencontrent à l'Est d'Amions. La genèse de tous ces faciès relève certainement de processus divers échelonnés dans le temps (plio-quaternaire) et l'alimentation s'est faite aussi bien à partir de l'Oligocène que directement du socle.

Complexes colluviaux

K; Ks; Kb. **Complexe colluvial et alluvial de la rive droite de la Loire.** Sur la rive droite de la Loire se développe un complexe à la fois alluvial et collu-vial qui a donné lieu à des interprétations diverses. Sur la première édition de la carte à 1/80 000, due à Le Verrier, l'unité cartographique a1 regroupe, ainsi que le précise la notice, des alluvions proprement dites et des argiles provenant du remaniement des formations tertiaires. La seconde édition distingue des alluvions et des formations de pente (« arènes remaniées et limons ») notées A. Dans sa thèse (1967, p. 35), P. Duclos classe dans les allu-vions récentes les « alluvions argileuses du versant est de la Loire appelées dans la région terres à pisé ». A. Le Griel (1970, 1975) a étudié en détail ces « terres à pisé » et a reconnu que cette désignation recouvrait des réalités diverses.

Dans une optique essentiellement cartographique et pour s'en tenir à la feuille Feurs, il convient de reprendre le procédé utilisé sur la feuille Mont-brison. Compte-tenu des renseignements ponctuels (observations de ter-rain et sondages), il faut dépasser le problème des caractères pétrographi-ques ou granulométriques pour aboutir à une unité plus compréhensive. Cela permet de tenir compte des nombreuses imbrications entre colluvions et alluvions, du remaniement et de la dégradation de celles-ci. Toute référé-ence aux « terres à pisé » est écartée du fait que ce terme ambigu intègre des formations pédologiques (horizons de concentration argileuse, alios, etc.).

C'est d'ailleurs cette évolution pédologique qui est responsable d'une certaine homogénéité superficielle.

La carrière de la Liègue (feuille Montbrison) a montré que les sables fins plus ou moins argileux des niveaux superficiels pouvaient recouvrir des alluvions à galets de basalte appartenant indubitablement à la Loire. Le substrat est constitué par les argiles vertes (« lauzes ») qui terminent la série tertiaire. Cette coupe s'applique à la hauteur de Feurs où ces argiles tertiaires sont connues sous la ville mais dont l'extension est indéterminée vers l'Est. C'est seulement en bordure de la plaine alluviale qu'il est possible de tracer les contours des formations fluviales proprement dites. L'intervalle entre celles-ci et la bordure orientale du bassin est occupé par des formations sableuses en partie ligériennes d'autres matériaux venant de l'Est et résultant :

- de la destruction des lambeaux de sables argileux rougeâtres constituant le faciès de bordure du Tertiaire ;
- d'apports du socle.

Un exemple d'alimentation par le socle est visible au Nord de Salt (coupes des routes D10 et D60). Des sables fins de couleur rousse (Ks), plaqués contre le versant granitique passent vers l'Ouest à une formation de glaciaire du reste largement entaillée par la Loire. Des fragments et blocs de granite grossièrement alignés révèlent les alternances climatiques qui sont à l'origine du dépôt. Près de Balbigny, le chemin du Mont coupe lui aussi un « complexe » comprenant notamment des lentilles de blocs sur des sables directement hérités du Tertiaire qui constitue le versant. Ces blocs du socle, faiblement émoussés, ne sont pas rares le long du talus oriental et s'étalent même assez loin sur le complexe au Sud-Ouest de Pouilly-les-Feurs (KB).

Si ces blocailles doivent être probablement rapportées à l'une des dernières phases froides du Quaternaire, la genèse du complexe K pris dans son ensemble s'inscrit dans une période plus large. L'évolution de tout ce glaciaire oriental commence en fait avec les creusements et les premiers remblaiements de la Loire (alluvions Fv, ici masquées ou disparues) pour se prolonger jusqu'à l'époque actuelle. Une éolisation, assez discrète dans ses effets, rappelle que le complexe est le résultat de processus divers.

A la même unité cartographique et sous la notation K, il est rattaché les sables qui reposent en partie sur le socle au Nord de Balbigny, légèrement au-dessus du palier normal de Ks (coupes des chemins de Montélimar et de la Garelle). Ils possèdent des structures entrecroisées et sont imprégnés d'oxydes de fer formant des encroûtements centimétriques grossièrement parallèles à la stratification. Les fragments de roches dénotent une alimentation latérale importante. Sous ces sables apparaît en quelques points un banc de galets d'origine ligérienne.

Il est permis de se demander quelles sont les formations synchrones du complexe sur la rive gauche. Il faut sans doute les chercher dans les ensembles colluviaux (CRIII) ou les complexes (C, C-F). Les formations équivalentes peuvent passer inaperçues dans le contexte généralement sableux. L'attention est attirée en ce sens sur les rebords de la plaine alluviale entre Cleppé et Grénieux.

C. Colluvions argilo-sableuses des bas-versants et fonds de vallons.

C-F. Colluvions et alluvions indifférenciées. Les versants en berceau d'une certaine importance présentent un remplissage colluvial provenant essentiellement des versants et qui peut dépasser 2 m. La composition est évidemment fort variable tant du point de vue granulométrique que pétrographique.

Sur le socle, ces remblaiements se localisent surtout dans la partie haute des talwegs alors que leurs parties médiane ou inférieure, d'un profil en V, entaille directement les roches. La répartition est plus irrégulière dans la partie sédimentaire de la feuille. En bordure du bassin, ou bien au débouché sur la plaine alluviale de la Loire, ces formations englobent des produits de déjection.

Lorsque le transport longitudinal s'affirme, les colluvions passent à des alluvions. Il est d'ailleurs possible de prévoir des alternances ainsi que le suggèrent certaines coupes. A ces cas s'applique la notation C-F qui évoque la convergence des deux types de formations.

Formations alluviales (limons, sables et graviers)

Les alluvions de la Loire et de ses affluents occupent une large place et jouent de ce fait un rôle important (alimentation en eau, agronomie, etc.). Du point de vue géologique, les terrasses marquent les phases de creusement et de remblaiement durant le Quaternaire.

Sur la première édition du 80 000^e Montbrison, il est distingué deux unités : l'une correspond à l'ensemble Fy-z de la présente édition, l'autre à toutes les alluvions anciennes à l'exception cependant des plus élevées notées p. La seconde édition propose une application du système de terrasses défini par Chapat. Quant à P. Duclos (1967), il estime tout classement altimétrique impossible et considère que, pour une grande part, les alluvions anciennes sont interstratifiées dans les couches tertiaires et même affectées par la tectonique. Cette conception est en contradiction avec toutes les observations faites dans la région. Les tracés, appuyés sur l'étude photogéologique, mettent en évidence plusieurs remblaiements emboîtés. La notation qui exprime la chronologie relative diffère par rapport à celle utilisée sur la feuille Montbrison : il a semblé plus utile, en vue des synthèses régionales, d'harmoniser les levers de Feurs avec les autres feuilles éditées en aval.

Colluvions d'alluvions. Divers glacis situés en-dessous des terrasses fluviales, bien que taillés dans les substrats sédimentaires, sont couverts de colluvions empruntées aux alluvions anciennes. L'épaisseur de ces formations dépasse rarement le mètre mais suffit à masquer complètement le sous-sol.

Rf. Alluvions anciennes résiduelles. Des alluvions résiduelles se rencontrent au Nord-Ouest de Balbigny : à 380 m vers les Chessieux et Saint-Georges-de-Baroille, à 422 m vers Biesse. Ce sont essentiellement des rognons et galets de quartz épars sur le socle ou repris dans les minces formations de

versant arénacées. Ces témoins remontent probablement à la fin du Tertiaire.

Le même figuré, qui indique avant tout la faible épaisseur de la formation résiduelle et la forte altération des matériaux parmi lesquels le quartz tend à subsister seul, est utilisé pour d'autres lambeaux. Ils sont généralement moins anciens que ceux de Biesse.

F. Alluvions anciennes. Les alluvions anciennes se subdivisent en 4 paliers.

● **Le plus ancien** (Fv) est surtout conservé sur la rive gauche du Lignon, la rive gauche de l'Isable et de l'Aix. Le remblaiement du Lignon, entre Boën et Villedieu, domine la plaine alluviale actuelle en présentant une pente sensible vers le Sud. L'érosion et le glissement des galets sur le versant nord rend assez imprécis le contour septentrional de cette formation en biseau de ce côté. L'épaisseur varie de quelques dm à 2 ou 3 m. Les galets de quartz prépondérants sont accompagnés de roches dures (microgranites).

● **Le remblaiement** Fw est inégalement conservé. Dans la vallée de l'Aix, il forme le promontoire du Chatelard entaillé par le cours inférieur de l'Onzon. Dans la vallée du Lignon, il subsiste sur la rive gauche juste avant la Loire. Pour ce qui concerne ce fleuve, les alluvions Fw constituent les terrasses sur lesquelles sont bâties les villes de Feurs et de Balbigny. Entre les deux, le palier apparaît sous le complexe K. Les matériaux de ce remblaiement Fw tout en présentant une altération notable s'identifient aisément. On y trouve des galets de basalte.

● **Les deux derniers remblaiements**, Fx et Fy, constituent la plaine alluviale proprement dite. Le premier cité, irrégulièrement conservé, est normalement séparé de Fw par un talus. Mais l'emboîtement est quelquefois très atténué par l'évolution subactuelle en un glacis régulier comme sur la rive droite de la Loire entre Épercieux et Feurs. De même, l'emboîtement Fx/Fy souvent net dans la vallée de la Loire marque beaucoup moins la topographie dans les vallées secondaires. Tant est si bien qu'il a fallu renoncer à tracer un contour net dans certains secteurs (rive gauche du Limon). Les caractères pétrographiques sont identiques pour les alluvions Fx et Fy. Les variantes s'observent le long des affluents : roches métamorphiques du Viséen, microgranites de l'Aix et du Lignon.

● **Le remblaiement** Fy atteint 7 à 8 m d'épaisseur dans la vallée de la Loire (sondages de Cleppé), un peu moins semble-t-il dans les vallées secondaires. Il se termine vers le haut par des sables limoneux qui constituent des sols agronomiquement réputés (les « chambons »).

Les alluvions anciennes non rattachées à l'un des quatre paliers sont notées F.

Fz. Alluvions actuelles et subactuelles. Les alluvions actuelles s'associent étroitement aux lits mineurs des cours d'eau. Emboîtées dans le remblaiement Fy, elles sont essentiellement constituées de matériaux empruntés à celui-ci. Des rivières comme le Lignon ou l'Aix présentent en outre

l'amorce d'une évolution tourbeuse. Pour la Loire, il peut être distingué les sables et graviers du lit vif et une bordure ou des chenaux antérieurs colmatés par des limons fluviaux. Ces délaissés du fleuve sont, dans le parler local, des « gourds ». Certaines boucles de la Loire ont été abandonnées par le fleuve à une période toute récente (lieu-dit l'Ile, à Cleppé). Les digues qui maintiennent le fleuve sur son tracé actuel, les exploitations de graviers et les cultures tendent à effacer les données naturelles.

Pour les cours d'eau secondaires, les alluvions Fy et Fz ont été parfois réunies sous une même notation (Fy-z).

Formations liées à l'érosion anthropique

Comme pour les feuilles voisines, il convient de signaler l'importance que peuvent prendre localement des accumulations liées à l'érosion anthropique. Diverses pièces d'archives du XVII^e au XIX^e siècle signalent ce phénomène dont l'échelle de la carte ne permet pas de représenter les effets.

PRÉHISTOIRE - PROTOHISTOIRE

Un outillage lithique dispersé a été recueilli en divers endroits, en particulier près du confluent du Vizézy et du Lignon. Aucun site n'a fait l'objet, pour l'instant, de fouilles méthodiques.

L'oppidum du Crêt-Chatelard (commune de Saint-Marcel-de-Félines), fouillé à diverses reprises depuis plus d'un siècle, livre surtout des objets de la fin de l'âge du fer et du début de la période gallo-romaine.

Plusieurs emplacements gallo-romains ont été repérés mais il faut surtout citer à ce propos la ville de Feurs (antique *Forum Segusiavorum* qui a donné son nom au Forez) dont le sous-sol renferme de nombreux vestiges et où les études se poursuivent chaque année (Périchon, 1971).

Un chantier de recherches est également ouvert près de la source thermale de Salt captée par les Romains. Des travaux ont commencé aussi à la Celle-Saint-Martin (commune de Cleppé) sur un site médiéval présentant des traces d'occupations antérieures.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE — RESSOURCES EN EAU

Le domaine représenté sur cette feuille est traversé en son centre, légèrement en oblique, par la Loire qui s'écoule du Sud vers le Nord et collecte tout le réseau superficiel. En rive droite ces apports sont une douzaine de petits ruisseaux ; en rive gauche les eaux convergent d'abord vers deux rivières affluantes, l'Aix et le Lignon.

La carte se distingue en deux ensembles :

- la terminaison nord de la plaine du Forez, fossé d'effondrement à comblement tertiaire et alluvionnement quaternaire, avec une altitude moyenne de 350 mètres et un point bas à 297 m sur la Loire ;
- un environnement de collines à topographie douce même si les thalwegs y sont nettement marqués, constituées de terrains du socle paléozoïque. L'altitude y reste faible : les points les plus hauts sont à la cote 669 m en bordure occidentale et à 765 m à la lisière est.

Sur l'ensemble de cette région la pluviométrie est modeste de l'ordre de 700 mm/an, assez bien répartie au cours de l'année.

Les terrains du socle sont, par nature, non aquifères mais la possibilité existe néanmoins de circulation en profondeur dans des fissures ou des fractures. Ce potentiel est très mal connu et l'accès à une telle ressource est difficile. La partie superficielle des terrains du socle plus ou moins profondément altérée en arène (parfois jusqu'à 2 ou 3 m de profondeur) peut renfermer des nappes isolées et de faible importance qui, localement, se manifestent par des sources à très petit débit (0,5 à 3 m³/h, ex. source de Saint-Cyr-de-Valorges issue de l'altération des Tufs anthracifères). Les colluvions d'arène peuvent s'accumuler dans les dépressions, surtout dans les parties amont des thalwegs, et augmenter un peu leur capacité de réservoir.

C'est dans le bassin ou « Limagne » du Forez que se rencontrent les aquifères principaux. Ils sont de deux types :

- les alluvions récentes et anciennes de la Loire et de ses affluents ;
- le remplissage tertiaire du fossé.

Les *alluvions récentes de la Loire*, peu épaisses (5 m en moyenne) peuvent fournir dans les zones les plus favorables des débits de l'ordre de 50 m³/h. La nappe qu'elles renferment est très liée au régime de la rivière ce qui présente un fort risque sur l'exploitation en période d'étiage. Une autre limitation est donnée par les gravières dont l'exploitation modifie le régime de la nappe et peut entraîner des pollutions.

Les alluvions récentes du Lignon, également peu épaisses (3 à 4 m) ont livré des débits de 25 m³/h mais à l'aval de Boën, où la vallée s'élargit, une forte pollution a été constatée.

L'aquifère des alluvions de l'Aix et de son affluent l'Isable n'a pas été reconnu.

Les *alluvions anciennes de la Loire* ont été explorées en rive gauche dans le secteur de Cleppé où elles offrent une épaisseur de 7 à 8 m et permettent des débits d'exploitation de 35 m³/h (maximum obtenu 60 m³/h). En rive droite les alluvions anciennes sont, en surface, plus largement développées mais leur épaisseur est un peu moindre (< 6 mètres). Leurs caractéristiques sont irrégulières et les résultats obtenus par les forages de reconnaissance sont variables (débit de 3 à 45 m³/h).

Sous les alluvions et les complexes colluviaux de bordures, *le remplissage*

du fossé est constitué de dépôts tertiaires argilo-sableux très épais (en général > 150 m, 496 m au sondage MOB1 de la Cogema à l'Ouest de Saint-Sulpice et substrat non atteint à 633 m au sondage MOB2 à l'Ouest de Poncins, mais socle à 18 m à Balbigny) où dominent les faciès argileux. Il s'y intercale à diverses profondeurs des lits ou des lentilles sableuses d'épaisseur très variable, de quelques décimètres à plusieurs mètres. Ces niveaux sableux constituent des pièges aquifères. Il n'existe pas, dans cette partie nord de la Limagne forézienne, d'ouvrage exploitant cette ressource du Tertiaire. L'information provient de sondages réalisés par la Cogema qui ont prouvé des venues d'eau artésiennes avec des débits de 0,5 à 20 m³/h. Plus au Sud, sur la feuille Montbrison, deux de ces sondages ont recueilli des débits de 70 m³/h ce qui marque l'intérêt de cette réserve profonde bien protégée, même si l'eau risque d'y être assez fortement minéralisée.

La principale ressource en eau de ce secteur réside cependant dans l'eau superficielle : prise directe dans la Loire pour usages domestiques et industriels (ex. alimentation de Feurs), réservoir d'eau pour l'irrigation constitué par les étangs qui parsèment la surface de la plaine, particulièrement nombreux dans le triangle Boën - Pommiers - Sainte-Foy - Saint-Sulpice et à l'Est de Feurs.

Sources minérales et thermo-minérales

Les sources de Sail-sous-Couzan, connues déjà à l'époque romaine, ont permis au début du XIX^e siècle la création d'une station thermale qui fut active jusqu'à la première guerre mondiale. Plusieurs sources ont été trouvées, froides, naturellement gazeuses. Leur exploitation se poursuit par mise en bouteille d'eau de table et fabrication de sodas.

A Salt-en-Donzy la source thermale dite du Gour Chaud est à une température de 32° et s'est révélée riche en gaz rares. Les vestiges de thermes romains importants ont été retrouvés. Cette source, dont le débit est de 40 m³/h, n'est pas exploitée.

D'autres sources minérales sont recensées mais non exploitées. Citons en particulier la source dite de La Fanfare au lieu-dit Les Quatre (Sud-Est de Feurs), eau froide peu abondante, sulfureuse et ferrugineuse et la source de Verrière au Sud-Est de Saint-Germain-Laval, eau gazeuse riche en CO₂.

RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES

Minéralisations

Les caractères principaux des divers gîtes minéraux reconnus sur le territoire de la feuille Feurs sont rassemblés dans le tableau 4, en fin de notice.

Substances utiles

Argiles. Les argiles tertiaires — ou les formations qui en dérivent — ont alimenté de nombreuses tuileries-briqueteries, dont il ne subsiste souvent

aucun vestige, sur les communes de : Bussy-Albieux, Saint-Paul-de-Vézelin, Sainte-Foy, Pommiers, Cleppé, Poncins, Balbigny, Civens. Les derniers fours-tours sont visibles à Saint-Paul-de-Vézelin, Pommiers, Balbigny (la Tour) et Civens (Feurs). Tous ces établissements étaient implantés à proximité immédiate des lieux d'extraction. Au contraire, l'usine de Balbigny fut construite au début du XX^e siècle près du chemin de fer. Le dernier établissement en activité, celui de Sainte-Agathe-la-Bouteresse, succède à trois entreprises fondées vers le milieu du XIX^e siècle.

A côté de ces tuileries exploitant les argiles de la plaine, plusieurs fours artisanaux utilisaient des terres argileuses résultant de l'altération pelliculaire du socle ou les colluvions des vallons. Ces petits établissements, disparus à la fin du XIX^e siècle ou avant 1914, se rencontraient sur les communes de Neulise, Sainte-Colombe, Saint-Marcel-de-Félines, Balbigny, Néronde, Bussières, Rozier-en-Donzy, Salt-en-Donzy (cf. l'inventaire réalisé par le Centre forézien d'Ethnologie, 1981).

Cette production de matériaux de construction s'accompagnait d'une fabrication de récipients qui s'inscrivait elle-aussi dans une tradition d'origine lointaine. Des fours à tuiles ont cuit de la poterie, notamment à Saint-Paul-de-Vézelin et Balbigny. C'était, au XIX^e siècle, une véritable spécialité des habitants de Saint-Georges-de-Baroille où il y eut plus de vingt fours. Ces potiers, œuvrant d'une manière rudimentaire, se contentaient d'extraire à faible profondeur les argiles tertiaires. Ils produisaient des objets d'utilisation courante inégalement revêtus de vernis esquissant de naïfs décors.

Calcaires. Les bancs de calcaires viséens étaient exploités au siècle dernier pour fabriquer de la chaux : à Saint-Julien-d'Oddes, à Néronde (Bois de la Chaux) et Sainte-Colombe. Des fours à chaux fonctionnaient également sur les communes de Bussières et Balbigny.

Houille. Le charbon des tufs viséens (« Tufs anthracifères » des anciens auteurs) a fait l'objet, aux XVIII^e et XIX^e siècle, de recherches et d'un début d'exploitation près d'Amions (concession dite de la Bruyère). Gruner (1857) a décrit minutieusement les travaux. Les veines de quelques dm sont très impures et souvent mêlées de schistes.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

On trouve dans le **guide géologique régional : Massif Central** (Peterlongo, De Goer de Hervé, 1978 ; Masson éd.) et plus particulièrement à l'*itinéraire n° 10*, quelques descriptions des granites de la région.

Un « guide des affleurements-types pour une excursion géologique au pays d'Urfé » a été rédigé en 1984 par J.M. Leistel (annexe à sa thèse, p. 282-296).

BIBLIOGRAPHIE

- BEBIEN J., GAGNY C., ROCCI G. (1980) — La place du volcanisme dévonien dans l'évolution magmatique et structurale de l'Europe moyenne varisque au Paléozoïque. *In Coll. Géologie de l'Europe*, 26^e Congr. Géol. Internat., Soc. géol. du Nord et BRGM éd., p. 213-225.
- BELLON H., HERNANDEZ J. (1979) — Chronologie du volcanisme dans le Forez (Massif central français). Place dans l'activité magmatique tertiaire de France. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 4, p. 175-179.
- BERNARD-GRIFFITHS J., CANTAGREL J.M., DUTHOU J.L. (1977) — Radiometric evidence for an Acadian tectonometamorphic event in western Massif central français. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 61, p. 199-212.
- BERTAUX J. (1979) — Deux structures « circulaires » emboîtées de microgranites de nature et d'âge différents dans le paléozoïque supérieur de la région de Roanne (Loire). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 288, sér. D, p. 1643-1646.
- BERTAUX J. (1982) — Origine métamorphique des grenats des volcanites acides d'âge viséen supérieur dans le Nord-Est du Massif central français. *Bull. Soc. Fr. Minéral.*, 105, p. 212-222.
- BERTAUX J., GAGNY C. (1978) — Apport de la pétrologie structurale à l'étude de filons de microgranite intrusifs dans les tufs anthracifères (Viséen de la région de Roanne, Loire). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. XX, 6, p. 883-887.
- BERTAUX J., RUBIELLO M.F. (1981) — Cartographie de la feuille géologique de Roanne au 1/50 000. Pétrologie, géochimie et pétrologie structurale du magmatisme du Viséen supérieur. Essai de synthèse régionale. Thèse 3^e cycle, Nancy I, 313 p.
- BESSON M., FONTEILLES M. (1974) — Relations entre les comportements contrastés de l'alumine et du fer dans la différenciation des séries tholéiitique et calco-alcaline. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 97, p. 445-449.
- BOIRAT J.M. (1979) — Synthèse sur la répartition des gîtes de fluorine et barytine dans le Massif central, à l'Est du sillon houillon. Rapp. BRGM.SGN/GMX/GIT n° 601.
- BOULADON J. (1986) — Les gisements de plomb, zinc et argent, P. 190 à 198, dans les richesses du sous-sol en Auvergne et Limousin, édité par la Ville d'Aurillac.
- BRUNER L. (1857) — Description géologique du département de la Loire.
- CARROUÉ J.P. (1959) — Anciens travaux de la concession pour plomb argentifère de Saint-Martin-la-Sauveté et des gîtes de cuivre voisins. Rapp. BRGM R 4026.
- CENTRE FORÉZIEN D'ÉTHNOLOGIE (1981) — Tuileries et briqueteries du Roannais aux XIX^e et XX^e s. Études et documents, 2. Ambierle.

DIDIER J., PEYREL J.Y. (1980) – Structure laccolitique et âge carbonifère terminal du granite du Mayet de Montagne (Massif central français). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 291, sér. D, p. 797-800.

DI NOTA R. (1970) – Étude comparée des lambeaux dévono-dinantiens de la Montagne Bourbonnaise dans le Nord-Est du Massif central français. Thèse 3^e cycle, Clermont-Ferrand, 114 p.

DOUVILLÉ F. (1942-1943) – Bassin d'antracite du Roannais. Rapp. BRGM AT.

DUCLOS P. (1967) – Géologie et minéralisations uranifères de la plaine tertiaire du Forez. Thèse, Clermont-Ferrand.

ECHAVARRI A. (1966) – Étude pétrographique des tufs anthracifères et des roches associées au Sud de la région de Roanne (Loire). Thèse 3^e cycle, Paris, 164 p., 1 carte.

GAGNY C., BOUILLER R., KERRIEN Y. (1989) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille ROANNE (672) – Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 81 p. Carte géologique par GAGNY C., BERTAUX J., RUBIELLO M.F., BOUILLER R. (1988).

GAGNY C., ICART J.C., GODINOT A., SIDER H. (1982) – Tectonique tangentielle en tant que métallotecte dans les formations paléozoïques du Beaujolais méridional (NE du Massif central français). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 294, sér. II, p. 329-332.

GAGNY C., LEISTEL J.M., SIDER H. (1983) – Le skarn à scheelite de Cherves : un exemple d'indice contrôlé par la tectonique tangentielle sudète dans le Beaujolais (NE du Massif central français). *Chron. Rech. Min.*, 471, p. 23-30.

GAGNY C., SIDER H., GODINOT A. (1981) – Mise en évidence d'une tectonique tangentielle sudète dans les formations paléozoïques du Beaujolais méridional (NE du Massif Central français). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 293, sér. II, p. 1007-1010.

GLANGEAUD P. (1910) – La bordure occidentale du bassin de Montbrison, la surrection oligocène et la cuirasse du Forez. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 151, p. 904-907.

GRUNER M.L. (1857) – Description géologique et minéralogique du département de la Loire. Imprimerie impériale, Paris, 1 vol.

GUILLOT P.L., AUTRAN A., CABANIS B., QUENARDEL J.M. (1984) – L'évolution polyphasée siluro-carbonifère de l'orogène varisque en France. *Bull. Serv. géol. Maroc*, in Symposium PIGC n° 27, « Le Maroc et l'orogène hercynien », Rabat, sous presse.

HERNANDEZ J. (1971) – Le volcanisme tertiaire des Monts du Forez et de la plaine de Montbrison. Thèse 3^e cycle, Paris VI, 2 t.

HOCQUELLET M. (1979) – Les filons BPGC de Saint-Martin-la-Sauveté (Loire-Massif central français) et leur anomalie géochimique en indium. Thèse doct. ingén., Lyon, 260 p., 2 cartes H.T.

JUNG J., CHICHERY M., VACHIAS O. (1939) – Contribution à l'étude stratigraphique et tectonique de la Montagne Bourbonnaise et du Forez. *Mém. Soc. géol. Fr.*, t. XVI, n° 38.

JUNG J., VACHIAS O. (1937) – Sur la nature volcanique du complexe des Cornes vertes dans le Forez et la Montagne Bourbonnaise. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, (7), p. 81.

LACROIX P. (1980) – Géologie du groupe de Violay (Rhône) : contribution à l'étude des granites sodiques et des formations éruptives et volcano-sédimentaires associées. Thèse 3^e cycle, Lyon, 169 p.

LARQUÉ P., WEBER F. (1969) – Études sédimentologiques sur la formation tertiaire de la plaine du Forez. Géochimie des argiles. *Bull. serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 22, 4, p. 249-278.

LAUZAC F. (1960) – Étude géologique des granites des Monts de Tarare. Diplôme géologue prospecteur, Clermont-Ferrand.

LEAKE B.E. (1978) – Nomenclature of amphiboles. *Am. Mineral.* 63, p. 1023-1052.

LE GRIEL A. (1975) – Les « terres à pisé » du Forez : étude d'une formation corrélative. *Rev. géogr. de Lyon*, 50, 3, p. 211-252.

LEISTEL J.M. (1982) – Critères de polarité dans une série schisto-pélitique du Dévonien supérieur-Viséen inférieur du Plateau d'Urfé (Nord-Est du Massif central français). 9^e Réun. ann. Sc. Terre, Paris, p. 372.

LEISTEL J.M. (1983) – Rôle des granites rouges namuro-westphaliens dans la genèse des indices à Sn-W de la région de Saint-Germain-Laval (Montagne Bourbonnaise, NE du Massif central français). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 296, sér. II, p. 1595-1598.

LEISTEL J.M. (1984 a) – Homogénéité du mode d'expression des minéralisations à Sn-W de la Montagne Bourbonnaise (NE du Massif central français). L'exemple du gîte stannifère de Charrier. 10^e Réun. ann. Sc. Terre, Bordeaux, p. 354.

LEISTEL J.M. (1984 b) – Évolution d'un segment de la chaîne hercynienne dans le Nord-Est du Massif central français – le fossé volcano-tectonique de la Loire. Plateau d'Urfé-Montagne Bourbonnaise – cartes de Noirétable et Feurs à 1/50 000. Thèse Nancy I, 317 p., 143 fig., 1 carte H.T., 1 vol. « annexe informatique » 70 p.

LEISTEL J.M., BEBIEN J. (1982) – Caractéristiques minéralogiques calcoalcalines des volcanites basiques rapportées au Dévonien supérieur - Viséen

inférieur de la Montagne Bourbonnaise (NE Massif central français). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 294, sér. II, p. 985-988.

LEISTEL J.M., GAGNY C. (1984) — Mise en évidence d'une fosse volcano-tectonique au Viséen supérieur dans le Nord-Est du Massif central français. *Rev. Géol. dyn. Géogr. phys.*, vol. 25, fasc. 1, p. 17-29.

LE VERRIER (1890) — Note sur les formations géologiques du Forez et du Roannais. *Bull. serv. Carte géol. Fr.* II, 15, 68 p. 3 pl.

MAMET B. (1968) — Sur quelques microfaciès carbonifères du Morvan et du Forez. *Bull. BRGM 2^e série*, section I, n° 2, p. 57-62.

MICHEL-LEVY Alb. (1908) — Les terrains primaires du Morvan et de la Loire. Thèse Paris, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 120, t. XVIII, p. 193-490.

PÉRICHON R. (1971) — Feurs. Forum segusiavorum. Centre d'études foréziennes.

PETERLONGO J.M. (1960) — Les terrains cristallins des Monts du Lyonnais (Massif central français). Thèse Clermont-Ferrand, 187 p.

PETERLONGO J.M., DEGOER de HERVÉ A. (1978) — Massif central, Limousin, Auvergne, Velay. Guides géologiques régionaux, 2^eéd., Masson, Paris, 224 p.

PIBOULE M., BRIAND B., BEURRIER M. (1982) — Géochimie de quelques granites albitiques dévoniens du Massif central français. *Neues Jb. Mineral. Abh.*, t. 143, 3, p. 279-308.

SCHÜLER M. (1967) — Étude palynologique des formations oligo-miocènes rencontrées par deux sondages dans la plaine du Forez. Thèse, Strasbourg.

SIDER H. (1985) — Évolution d'un segment de la chaîne hercynienne dans le Nord-Est du Massif central français. L'enchaînement géologique : d'une déchirure continentale à un fossé volcano-tectonique. Région du Beaujolais, carte géologique d'Amplepuis à 1/50 000. Thèse Nancy I, 372 p., 130 fig., 46 tabl., 1 carte H.T.

SIDER H., LEISTEL J.M., GAGNY C. (1985) — Le faisceau hercynien de la Loire (Massif central français) : un fossé volcano-tectonique carbonifère. 3^e E.U.G., Strasbourg. *Terra Cognita*, vol. 5, n° 2-3, p. 251.

SIDER H., LEISTEL J.M., GAGNY C. (1986) — Réflexion sur l'évolution géodynamique de la chaîne hercynienne au Paléozoïque dans le Nord-Est du Massif central français. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), t. II, n° 4, p. 111-118.

SIDER H., OHNENSTETTER M. (1983) — Le magmatisme distensif dévono-dinantien en domaine continental ; l'exemple du Beaujolais méridional (NE du Massif central français). 2^e E.U.G., Strasbourg. *Terra Cognita*, vol. 3, n° 2-3, p. 203.

SIDER H., OHNENSTETTER M. (1986) – Field and petrological evidences for the development of an ensialic marginal basin related to the Hercynian orogeny in the north-eastern Massif central, Fr. *Geol. Rundschau*, 75, p. 421-443.

TOMAS F. (1971) – Le relief et les sols de la plaine du Forez. Centre d'études foréziennes, Saint-Étienne.

TOURLONIAS D. (1965) – Les cornes vertes de la Montagne Bourbonnaise, Massif central français. Dipl. études sup., Clermont-Ferrand, 54 p.

VACHIAS O. (1938) – Le porphyre granitoïde du Pays d'Urfé. Dipl. études sup., Clermont-Ferrand, 53 p.

VALIZADEH H. (1969) – Étude pétrographique des granites, microgranites et lamprophyres de la région de Thiers (Puy-de-Dôme). Thèse 3^e cycle, Clermont-Ferrand, 129 p.

YAMA N'KOUNGA A. (1973) – Granites, granophyres et rhyolites de la région de Boën-sur-Lignon (Massif central). Thèse 3^e cycle, Clermont-Ferrand, 138 p., 1 carte H.T.

Cartes géologiques de la France à 1/80 000

Feuille *Montbrison* : 1^{re} édition (1889), par U. LE VERRIER ; 2^e édition (1941), par J. JUNG, P. BOUT, O. VACHIAS et R. PECOIL.

Feuille *Roanne* : 2^e édition (1960), par J. ORCEL, S. CAILLÈRE, S. GOLDSZTAUB, J. PROUVOST, F. KRAUT et A. VATAN.

Carte géologique de la France à 1/50 000

Feuille *Maringues* (1980), par M. JEAMBRUN, P. DADET, L. CLOZIER, R. FLEURY, D. GIOT.

Feuille *Le Mayet-de-Montagne* (1978), par L. BARAS, M. LE VAN TIET, M. JEAMBRUN, R. BOUILLER.

Feuille *Thiers* (1976), par M. JEAMBRUN, D. GIOT, R. BOUILLER.

Feuille *Montbrison* (1974), par P. DUCLOS, M. LORENCHET de MONTJAMONT, R. DHELLEMMES, J. HERNANDEZ, J.M. PETERLONGO, F. LAUZAC.

Feuille *Amplepuis* (1988), par H. SIDER, C. GAGNY, R. MOUTERDE, J.L. BAREL, A. GUYOU, Y. KERRIEN, R. FLEURY.

Feuille *Noirétable* (1988), par J.M. LEISTEL, C. GAGNY, B. BARBARIN, M. JEAMBRUN, C. PELLATON, J. DELFOUR.

Feuille *Roanne* (1988), par C. GAGNY, J. BERTAUX, M.F. RUBIELLO, R. BOUILLER.

Carte des gîtes minéraux de la France à 1/500 000

Feuille *Lyon* (1979), coordination J. MÉLOUX.

Carte des ressources minérales du Massif central à 1/1 000 000 (1979),
par A. EMBERGER et J.J. PÉRICHAUD.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

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

- pour le département de la Loire au Service géologique régional Rhône-Alpes, 29, bd. du 11 novembre, 69604 Villeurbanne - Croix-Luizet Cedex.
- ou encore au BRGM, Maison de la Géologie, 77, rue Claude-Bernard, 75005 Paris.

Autres lieux d'information :

- Clermont-Ferrand, institut de Géologie et de Minéralogie, 5, rue Kessler, 63038 Clermont-Ferrand Cedex.
- Lyon, université Claude Bernard, départ. de Géologie, 43, boulevard du 11 novembre, 69622 Villeurbanne Cedex.
- Nancy, laboratoire de Pétrologie structurale et Métallogénie de l'université, BP 239, 54506 Vandœuvre Cedex.
- Société géologique de France, 77, rue Claude-Bernard, 75005 Paris.
- Muséum d'Histoire naturelle, laboratoire de Pétrographie, 61, rue Buffon, 75005 Paris.

AUTEURS DE LA NOTICE

La participation des auteurs à la rédaction (1986) de cette notice est la suivante :

- introduction, formations tertiaires et quaternaires, ressources minérales et carrières : R. BOUILLER ;
- formations paléozoïques : J.M. LEISTEL et H. SIDER sous la direction scientifique de Cl. GAGNY ;
- hydrogéologie : Y. KERRIEN.

ANNEXES

Tableau 1 - Série du Beaujolais, analyses chimiques roches totales.

Analyse	51	76	20	13	29		83.3
SiO ₂	47,36	59,30	50,18	69,15	50,80	SiO ₂	49,96
Al ₂ O ₃	16,26	17,55	13,39	14,75	15,55	Al ₂ O ₃	14,25
FeO	9,67	6,64	9,11	3,75	10,28	Fe ₂ O ₃	11,57
MnO	0,17	0,14	0,18	0,06	0,17	MnO	0,20
MgO	7,86	2,53	8,51	1,38	6,85	MgO	6,48
CaO	8,08	4,35	9,47	1,19	7,37	CaO	7,25
Na ₂ O	3,23	4,76	3,63	5,11	4,45	Na ₂ O	4,49
K ₂ O	0,26	0,56	0,47	1,96	0,61	K ₂ O	0,78
TiO ₂	1,63	0,98	1,13	0,33	1,00	TiO ₂	1,94
P ₂ O ₅	0,20	0,29	0,16	0,15	0,14	PF	1,83
PF	3,62	2,95	1,56	1,42	1,59		
TOTAL	98,34	100,05	97,79	99,15	98,81	TOTAL	98,75
X	750,00	750,37	749,90	748,50	748,42	X	727,25
Y	95,10	95,17	92,40	92,60	92,23	Y	83,20

n° 51 : tuf amphibolitique fin

n° 76 : métaarénite fine

n° 20 : faciès basique en bordure sud de la trondhjémite albitique de Chindo

n° 13 : trondhjémite albitique de Chindo

n° 29 : faciès basique intrusif dans la trondhjémite

n° 83.3 : schistes amphiboliques de Sail-sous-Couzan

n° 51-76-20-13-29 : in P. Lacroix, 1980

n° 83.3 : in J.M. Leistel, 1984 (analyse par fluorescence X R. Montanari, laboratoire d'analyse et de séparation des minéraux, université de Nancy I).

Éléments majeurs en % d'oxydes.

Tableau 2 - Série de l'Aix, analyses chimiques roches totales des volcanites.

Analyse	2	3	4	5	6	7	8	22	23
SiO ₂	56,43	48,74	52,85	54,52	48,09	49,38	48,51	55,04	49,40
Al ₂ O ₃	17,82	17,57	16,87	18,47	15,34	16,65	18,79	16,05	18,19
Fe ₂ O ₃	7,96	9,94	9,28	8,14	10,01	9,21	11,32	8,89	9,51
MnO	0,16	0,21	0,19	0,17	0,21	0,18	0,22	0,16	0,16
MgO	3,12	4,71	4,25	4,34	6,82	6,32	5,43	4,34	5,86
CaO	6,59	12,50	6,46	6,50	12,54	13,03	5,35	5,54	6,47
Na ₂ O	4,38	2,51	5,90	2,12	1,25	1,60	4,01	3,44	4,40
K ₂ O	1,17	0,74	0,47	1,88	1,91	1,42	1,13	1,61	1,73
TiO ₂	0,76	1,67	1,22	0,98	1,24	1,31	0,98	1,20	0,95
PF	1,26	1,16	2,23	2,71	1,55	1,29	4,04	2,72	2,76
TOTAL	99,65	99,75	99,72	99,83	98,96	99,79	99,78	99,59	99,43
X	726,00	725,85	726,60	726,60	726,60	726,60	727,60	727,10	726,25
Y	94,60	94,80	97,25	94,10	94,10	94,10	99,50	97,60	95,80

Les faciès correspondant aux analyses n° 2-3-5-6-7-22, sont affectés par un métamorphisme de contact.

Analyses par fluorescence X, R. Montanari, laboratoire d'analyses et de séparation des minéraux, université de Nancy I.

Éléments majeurs en % d'oxydes.

Tableau 3 - Magmatisme Viséen supérieur et post-Viséen, analyses chimiques roches totales.

ANALYSE	32	33	34	35	36	37	42	ANALYSE	43	44	46
SiO ₂	66,57	67,03	69,84	67,07	68,41	65,71	67,35	SiO ₂	68,59	68,22	69,85
Al ₂ O ₃	15,31	15,46	15,47	15,73	14,57	16,01	14,98	Al ₂ O ₃	15,05	15,38	14,88
Fe ₂ O ₃	3,53	3,55	2,06	3,77	3,20	3,78	3,16	Fe ₂ O ₃	2,46	3,42	2,96
MnO	0,05	0,05	0,03	0,05	0,07	0,10	0,08	MnO	0,05	0,06	0,05
MgO	1,65	2,03	0,94	1,64	1,35	1,60	1,54	MgO	1,31	1,27	1,21
CaO	1,61	0,80	0,71	0,96	1,51	2,24	1,49	CaO	1,09	0,48	1,91
Na ₂ O	3,30	3,06	3,52	3,16	3,35	3,35	3,37	Na ₂ O	3,90	3,43	3,38
K ₂ O	5,23	5,20	5,16	4,93	4,30	4,50	4,61	K ₂ O	4,51	4,58	4,25
TiO ₂	0,57	0,55	0,32	0,60	0,49	0,64	0,53	TiO ₂	0,37	0,51	0,42
PF	2,14	2,05	1,44	2,07	1,54	1,51	2,12	P ₂ O ₅	0,15	0,11	0,16
Total	99,96	99,78	99,49	99,98	98,79	99,44	99,23	PF	1,65	2,32	0,85
X	727,15	728,05	727,65	729,30	729,90	726,02	727,15	Total	99,13	99,78	99,92
Y	98,10	96,95	93,70	93,85	93,45	94,45	97,45	Ba	603	750	592
								Sr	216	239	207
								V	51	73	50
								Rb	212	186	246
								X	730,15	727,05	727,20
								Y	83,50	83,95	90,35

Tableau 3 - Magmatisme Viséen supérieur et post-Viséen, analyses chimiques roches totales (suite).

Analyse	61	62	63		Analyse	77		77
SiO ₂	66,87	68,08	67,05		SiO ₂	75,18	Ba	47
Al ₂ O ₃	15,14	14,78	15,13		Al ₂ O ₃	13,24	Cu	10
Fe ₂ O ₃	3,16	3,23	3,22		Fe ₂ O ₃	0,27	Sr	41
MnO	0,08	0,08	0,08		MnO	0,00	Rb	308
MgO	2,03	1,44	1,50		MgO	0,00	V	18
CaO	1,10	0,69	1,34		CaO	0,17	B	20
Na ₂ O	3,18	4,24	3,01		Na ₂ O	3,83	F (%)	0,02
K ₂ O	5,17	4,01	4,91		K ₂ O	4,89	W	1,20
TiO ₂	0,54	0,57	0,55		TiO ₂	0,08	Mo	1
PF	2,12	2,13	2,35		P ₂ O ₅	0,15	Li	5
Total	99,39	99,25	99,14		PF	1,36	FeO	0,12
X	729,30	730,30	729,35		Total	99,17	Sn	11
Y	97,75	97,95	98,00		X	727,80		
					Y	93,70		

n° 32 à 44 : granophyre de Boën-sur-Lignon

n° 46 : granite de Cezay, le faciès correspondant à l'analyse n° 37 est affecté par le métamorphisme de contact

n° 61 à 63 : lave rhyolitique de Boisseret

n° 77 : granite type Moulin Barbeau

n° 32 à 42 et 61 à 63 : analyses par fluorescence X, R. Montanari, laboratoire d'analyses et de séparation des minéraux, université de Nancy I

n° 43 à 46-77 : analyses par quantométrie, K. Govindaraju, C.R.P.G. Nancy

Éléments majeurs en % d'oxydes

Éléments traces en ppm

Tableau 4 - Principaux gîtes et indices minéraux.

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
La Bruyère	1.4001	Cha	Houille	Stratiforme	Schiste Grès	La concession 1843-1921, contenait plusieurs petits puits et descenderie Perrin : 85 m de long - Puits St-Charles ; 68 m avec travers-banc à 65 m et 2 niveaux de 100 m - Puits d'Orient : 25 m - Puits d'Occident : 30 m. Ces travaux ont reconnu 4 couches très irrégulières, puissantes de 0,5 à 4 m. Production de 1843 à 1864 : 7 000 t. Teneur en cendres 20 à 55 % - M.V. 7 à 10 %
Marcilleux	1.4002	Zn, Pb	Quartz Barytine Blende Galène Chalcopyrite Pyrite Malachite Azurite	Filon N.N.W.	Granite porphyroïde Schiste tuffique	Filon reconnu sur 200 m. Les travaux du XVIII ^e s., 1 galerie, ont été superficiels - Haldes
Chazeau Nollieux-Nord	1.4003	Ba, Pb	Quartz Barytine Galène	Filon	Microgranite	Les travaux de 1736 consiste en une tranchée où galerie sub-affleurante de 40 m. Halde
Le Moux	1.4004	Ba, Pb	Quartz Barytine Galène	Filon	Granite porphyroïde Microgranite	Observation de 2 points éloignés de 400 m comportant des déblais. Il s'agirait de 2 points d'attaques de la même structure. Tranchées - Géochimie

Tableau 4 - Principaux gîtes et indices minéraux (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Moulin Viraux Moulin Philippon	1.4005	Pyr, Cu	Quartz Barytine Pyrite Chalcopryrite Blende Galène Carbonate Cu Oxyde Fe	Filon 340°	Tuf andésique Granite Cipolin	Ancienne carrière pour chaux présentant des veines bréchiques minéralisées - Prospection marteau, géochimie
Chavagnieux	1.4006	Ba, Pb	Quartz Barytine Blende Galène	Filon	Granite porphyroïde Tuf	Galerie et puits effondré, halde subsistante, prospection géochimique
Petites Chazelles	1.4007	Ba, Pb	Barytine Galène	Filon Faille	Granite porphyroïde Mylonite	Anciens travaux dont il ne subsiste qu'une halde. Prospection marteau, 1959. Le CEA signale une faille minéralisée. SNEA, 1972 a observé un filonnet. Géochimie.
Les Chazelles	1.4008	Ba	Quartz Barytine	Filon	Granite	Observation à l'extrémité des travaux de Grésollette d'une brèche siliceuse sans sulfures.
Baffy	1.4009	Ba, Pb	Quartz Barytine Galène	Filon	Granite	Simple indice, CEA et SNEA signale une petite faille avec barytine
La Bruyère La Briajère	1.4010	Ba, Cu	Quartz Barytine Chalcopryrite Galène Blende	Filon	Microgranite	Observation d'un affleurement de quartz et pegmatite avec barytine et sulfure

Tableau 4 – Principaux gîtes et indices minéraux (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Sainte-Colombe	4.4001	Sb	Stibine	Filon	Grès	Indice de la carte des gîtes minéraux, 1/320 000. Existence douteuse
Montmain Bussière	4.4002	Sb	Quartz Stibine	Filon	Schiste Poudingue	Anciens travaux éboulés. Halde contenant de la stibine finement cristallisée. Structure quartzreuse orientée N-O.
Montsellier	4.4003	Sb	Quartz Calcite Stibine Pyrite	Filon	Schiste Calcaire Micaschiste	Entrée de galerie éboulée, petite halde - Brèche quartzreuse près de l'ancien puits
La Sauvetey	4.4004	Pyr	Quartz Pyrite	Volante	Tuf	Volantes de tufs, brèche, quartz à mouches de pyrite, petit indice
Les Gouttes Nollieux	5.4001	Ba, Pb	Quartz Barytine Galène	Filon	Granite Microgranite	Filon N-E - Anciens travaux, 1 puits de 30 m, 1 galerie d'écoulement de 300 m - Haldes importantes
Jay	5.4002	Ba, Pb	Barytine Galène	Filonnet	Microgranite	Observation de filets de barytine à l'emplacement supposé des anciennes mines de plomb de St-Sixte
Sail	5.4003	Ba, Pb	Quartz Barytine Galène Pyrite	Filon	Mylonite de granite	Observation d'une brèche de quartz à proximité de l'ancienne mine de Couzan ; 1 galerie de 10 m
Sail-Ouest Cote 628	5.4004	As, U	Quartz Mispickel Autunite	Filonnet	Mylonite de granite	Filonnets orientés N-E et E- O, en stockwerk et en amandes

Tableau 4 - Principaux gîtes et indices minéraux (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Sail-Sud	5.4005	Pyr	Quartz Pyrite Galène Blende	Filon	Mylonite de granite	Structure d'encaissant silicifié et quartz gris avec sulfure - Petit indice
Leigneux	5.4006	Pyr	Quartz Pyrite	Filon	Granite	Simple indice - Brèche N-O avec sulfures
Les Junchuns	5.4007	U	Quartz Autunite	Volantes	Granite	Simple indice
L'Argentière	5.4008	Pyr	Quartz Calcite Pyrite	Filon	Granite	Petite brèche avec calcite et sulfures, simple indice
Le Devieux	5.4004	Pyr	Quartz Pyrite Galène Oxyde Fer	Filon	Granite Brèche	Brèche quartzreuse relativement puissante à remplissage calcitique, au contact du sédimentaire
Ducreux	8.4001	Pb	Oxydés de Pb, Mn, Fe	Filon	Granite Microgranite	Zone oxydée et chloritisée à l'éponte d'un filon de microgranite, visible dans une carrière

