

AUTUN

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

AUTUN

par

J. DELFOUR

J. ARÈNE, L. CLOZIER, J.P. CARROUÉ, J. CORNET, J.H. DELANCE,
R. FEYS, B. LEMIERE

La carte géologique à 1/50 000
AUTUN est recouverte par les coupures suivantes
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :
au nord : CHÂTEAU-CHINON (N° 124)
au sud : AUTUN (N° 136)

Château- Chinon	Lucenay l'Évêque	Épinac- les-Mines
Fours	AUTUN	Le Creusot
Bourbon- Lancy	Toulon- sur Arroux	Montceau- les-Mines



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DU COMMERCE EXTÉRIEUR
BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boite postale 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France

**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
AUTUN À 1/50 000**

par

J. DELFOUR

**J. ARÈNE, L. CLOZIER, J.P. CARROUÉ, J. CORNET, J.H. DELANCE,
R. FEYS, B. LEMIERE**

1991

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

– *pour la carte* : ARÈNE J., DELFOUR J., CLOZIER L., FEYS R., DELANCE J.H. (1991) – Carte géol. France (1/50 000), feuille **Autun** (551) – Orléans : BRGM. Notice explicative par DELFOUR J., ARÈNE J., CLOZIER L., CARROUÉ J.P., CORNET J., DELANCE J.H., FEYS R., LEMIERE B. (1991), 88 p.

– *pour la notice* : DELFOUR J., ARÈNE J., CLOZIER L., CARROUÉ J.P., CORNET J., DELANCE J.H., FEYS R., LEMIERE B. (1991) – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille **Autun** (551) – Orléans : BRGM, 88 p. Carte géologique par ARÈNE J., DELFOUR J., CLOZIER L., FEYS R., DELANCE J.H. (1991).

© BRGM, 1991. 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 : 2-7159-1551-9

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	5
<i>PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	5
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	7
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE</i>	8
DESCRIPTION DES TERRAINS	11
<i>FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES ANTÉDÉVONIENNES</i>	11
<i>FORMATIONS DINANTIENNES</i>	14
Tournaisien—Viséen inférieur	14
Viséen supérieur	18
<i>ROCHES PLUTONIQUES</i>	24
<i>ROCHES FILONIENNES</i>	31
<i>FORMATIONS PERMIENNES</i>	33
<i>FORMATIONS SECONDAIRES</i>	35
<i>FORMATIONS ALLUVIALES ET DÉPOTS</i>	
<i>QUATERNAIRES ASSOCIÉS</i>	36
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES	40
<i>PLISSEMENTS</i>	40
<i>FRACTURATION</i>	41
<i>MAGMATISME</i>	43
<i>MÉTAMORPHISME</i>	44
<i>ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE, ALTÉRATION, PÉDOGENÈSE</i>	46
OCCUPATION DU SOL	47
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	48
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	48
<i>RESSOURCES MINÉRALES</i>	51
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	57
<i>ITINÉRAIRES GÉOLOGIQUES</i>	57
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	62
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	70
AUTEURS	71
ANNEXES :	
<i>ANNEXE 1 : ANALYSES CHIMIQUES DE GNEISS</i>	
<i>ANTÉDÉVONIENS</i>	72
<i>ANNEXE 2 : ANALYSES CHIMIQUES DE ROCHES</i>	
<i>CARBONIFÈRES</i>	73
<i>ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX</i>	76

INTRODUCTION

PRÉSENTATION DE LA CARTE

Le territoire de la feuille Autun, situé dans la partie centrale du Morvan et appartenant à la région Bourgogne, est partagé sur les départements de la Nièvre et de la Saône-et-Loire.

Trois grandes unités géologiques constituent le sous-sol (fig. 1) : le domaine volcano-sédimentaire dévono-dinantien, le domaine granitique et cristallophyllien, et le domaine du bassin permien d'Autun. Chacun de ces domaines possède des traits géomorphologiques propres à la nature et à la structure des terrains affleurants.

Le *domaine dévono-dinantien*, limité au coin nord-ouest de la feuille, se distingue par des chaînes de collines et des monts au relief marqué dont les altitudes décroissent progressivement du Nord vers le Sud, depuis le point culminant du Morvan, le massif du Haut-Folin à 901 m, proche de la limite nord de la feuille, jusque vers 500 m à Toulour.

De cette ligne de hauteurs et en particulier du mont Beuvray (821 m), on domine de plus de 400 m les domaines granitique et permien.

Les hauteurs et les pentes sont largement couvertes de forêts de feuillus et de résineux, tandis que les zones d'altitude moyenne et les vallées sont occupées par les cultures céréalières, et surtout par les prairies d'élevage des bovins de race charolaise et des moutons.

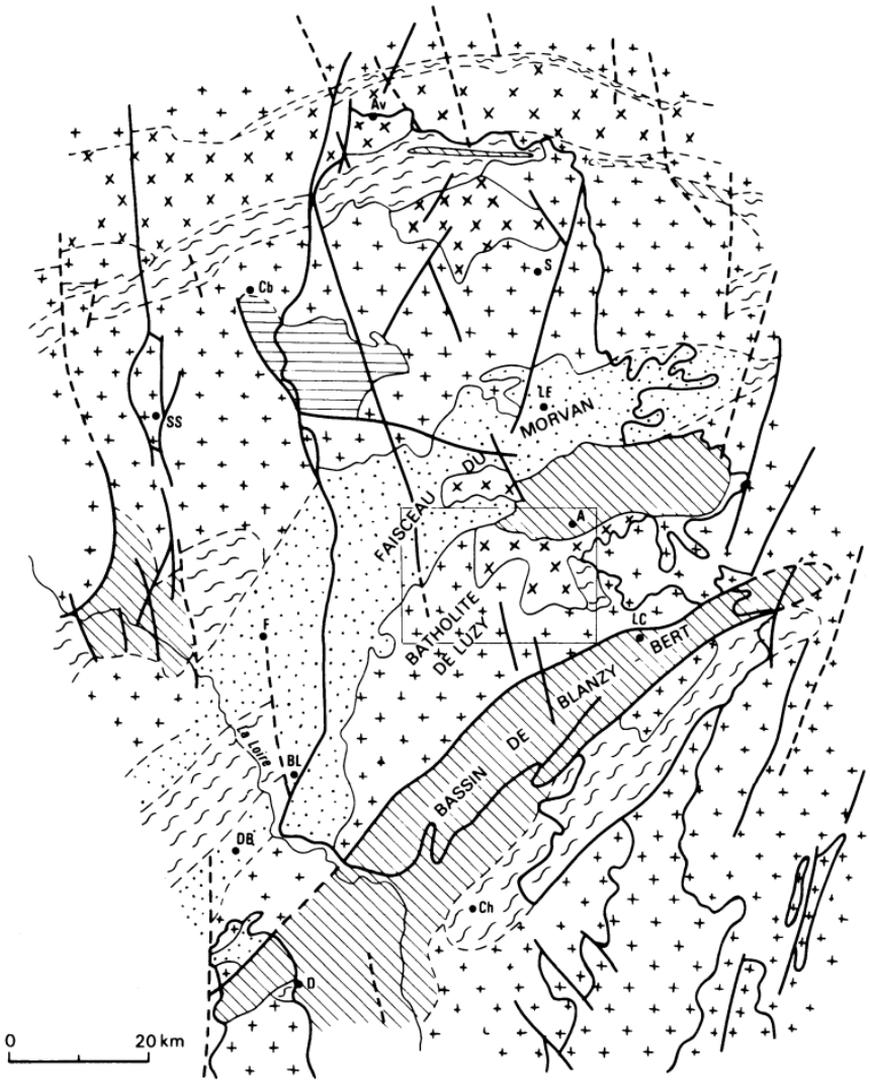
Les hameaux sont dépeuplés et les exploitations agricoles peu nombreuses restent dispersées.

Le *domaine granitique*, dont l'altitude varie de 681 m (Signal-d'Uchon) à 263 m (cours de l'Arroux), offre un paysage de bocage vallonné, plus ouvert et plus habité, sauf dans la partie est où l'on retrouve des reliefs boisés importants. En dehors des étendues boisées, localisées dans la partie orientale du domaine, l'activité agricole est dominée par l'élevage.

Sur le territoire de la feuille, le *bassin permien* d'Autun se distingue par une relative platitude, autour de 300 m. Cette disposition géographique a favorisé le développement de l'agglomération d'Autun, ville au long et riche passé historique, située sur l'axe de communication de Besançon à Moulins.

Une grande partie du territoire de la feuille est drainé par l'Arroux qui coule du NE au SW dans une plaine alluviale large d'environ 2 km pour rejoindre la Loire.

Ses affluents ont des vallées encaissées dans la traversée des terrains volcano-sédimentaires ; elles s'élargissent sur les granites et le Permien et présentent toutes la particularité d'avoir leurs tracés calqués sur les principales fractures régionales.



Av : Avallon ; Cb : Corbigny ; SS : Saint-Saulge ; S : Saulieu ; LE : Lucenay-l'Évêque ; A : Autun ; F : Fours ; LC : Le Creusot ; BL : Bourbon-Lancy ; D : Le Donjon ; DB : Dompierre-sur-Besbre ; Ch : Charolles.

- | | | | |
|---|-----------------------------|---|--|
|  | Volcanisme stéphano-permien |  | Formations dévono-dinantienne |
|  | Bassin stéphano-permien |  | Formations cristallophylliennes anté-dévoniennes |
|  | Granite à deux micas |  | Faïlle |
|  | Granite à biotite |  | Limites de la feuille |

Fig. 1 - Situation géologique de la feuille Autun dans la partie NE du Massif central. La structure du socle cachée sous la couverture sédimentaire du Mésozoïque et du Cénozoïque est interprétée d'après les données des diverses prospections géophysiques et les sondages (Weber, 1968)

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Les levés de terrains et le tracé des contours géologiques ont été effectués de 1977 à 1987 :

- pour les formations dévono-dinantiennes, par J. Delfour (BRGM), avec utilisations *pro parte* des levés antérieurs de B. Morel (1976) et C.O. Valette (1983) ;
- pour les terrains granitiques et cristallophylliens, par J. Arène (BRGM) ;
- pour les formations sédimentaires du Carbonifère supérieur et du Permien, par R. Feys (BRGM) ;
- pour les formations du Mésozoïque, par J.H. Delance (collaborateur) ;
- pour les formations du Quaternaire, par L. Clozier (BRGM).

Les formations dévono-dinantiennes ont fait l'objet depuis 1974 de plusieurs levés géologiques :

- à 1/25 000, par B. Morel, dans le cadre d'une thèse de 3^e cycle portant sur l'étude des minéralisations encaissées dans les formations volcano-sédimentaires (Morel, 1976) ;
- à 1/50 000, par M. Coulon, pour la préparation d'une thèse de doctorat (non publiée) ;
- à 1/25 000, par J. Delfour, pour l'étude des minéralisations des secteurs de Champ-Robert et du mont Beuvray (Delfour, 1977, 1978) ;
- à 1/25 000, par C.O. Valette, dans le cadre d'une thèse de 3^e cycle portant sur les minéralisations fluorées d'Argentolle (Valette, 1983).

La carte à l'échelle de 1/50 000 a été réalisée en intégrant une partie de ces levés, après exécution d'itinéraires de contrôle pour homogénéisation, et par une cartographie nouvelle dans le quart nord-ouest de la feuille.

Le lever des affleurements dans le domaine granitique a été appuyé par une étude photogéologique orientée sur la fracturation. L'examen en lame mince des principaux faciès de granitoïdes et l'analyse chimique des roches et de certains minéraux, ont permis une meilleure connaissance des phénomènes magmatiques.

Pour le bassin permien d'Autun, on a utilisé les informations fournies par les archives des anciennes exploitations de schistes bitumineux (travaux miniers et sondages de reconnaissance) ainsi que les travaux scientifiques réalisés plus récemment (Marteau, 1983).

Le lever régulier des formations superficielles a été complété par quelques sondages légers réalisés à la mototarière et par une exploitation des coupes de sondages de reconnaissance dans les schistes bitumineux permien. Plusieurs unités ont ainsi été dégagées et ont pu être cartographiées, accompagnées d'indications d'épaisseur chaque fois que cela a été possible.

Une couverture superficielle limono-argilo-sableuse, en place ou colluvionnée, épaisse de quelques décimètres à un ou deux mètres, recouvre l'ensemble des zones basses et des surfaces horizontales du bassin permien. Cette couverture rend malaisée l'observation des matériaux sous-jacents, lesquels peuvent appartenir à des dépôts d'âge et de nature très différents : alluvions torrentielles ou bien schistes permien.

Un couvert végétal important, à dominance de prairies et de bois, n'a pas permis la distinction des différents types de limons. Sur le plan cartographique, ils ont été intégrés aux formations alluviales qui les supportent le plus souvent.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Les terrains dévoniens, carbonifères et permians du Morvan ont leurs natures étroitement liées à l'évolution tectonique du segment nord de la zone interne, ou arverno-vosgienne, de la chaîne varisque (Autran et coll., 1980). Dans cette zone, l'évolution tectonique durant le Silurien et le Dévonien inférieur, aboutit, au Dévonien moyen, à la formation d'un socle cristallophyllien dont les gneiss et les migmatites de la région de Montjeu seraient les témoins.

La découverte récente (Godard, 1990) d'éclogites sur le territoire de la feuille voisine Le Creusot, apparente l'histoire de ces roches métamorphiques à celle, polyphasée, des monts du Lyonnais où un stade éclogitique (fin du Cambrien ?) évolue vers un stade granulitique autour de 450 Ma, puis est affecté d'un métamorphisme rétrograde de faciès amphibolique accompagné d'anatexie (Dufour, 1985).

Au Dévonien supérieur et au Carbonifère inférieur, le Nord-Est reste à l'écart des grands chevauchements synmétamorphes qui caractérisent l'évolution des domaines situés plus au Sud. Les formations volcano-sédimentaires dévono-dinantiennes qui transgressent sur le socle cristallophyllien, bien que largement recoupées par les granites namuro-westphaliens, restent modérément déformées et peu métamorphisées.

A l'échelle de la feuille Autun, le contact entre les terrains dévono-dinantiens et ce socle sous-jacent n'est pas visible et oblitéré par les intrusions granitiques. Les sédiments les plus anciens se situent à la limite du Dévonien et du Carbonifère, avec des dépôts datés du Strunien (Coulon *et al.*, 1980) possédant déjà le faciès culm et où alternent les siltites, les grès et les conglomérats.

Cette sédimentation à caractère deltaïque et d'origine terrigène est assez rapidement perturbée, au Tournaisien et au Viséen inférieur, par un volcanisme subaérien. Les épanchements de laves acides, ignimbrites et tufs soudés rhyolitiques et dacitiques, dominent largement sur les laves basiques. Des brèches ignimbritiques grossières se localisent au voisinage de masses de laves plus homogènes représentant des extrusions ou des dômes de dacites et d'andésites.

Le démantèlement et l'érosion torrentielle de ces appareils volcaniques alimentent les dépôts de tufs remaniés et de conglomérats à galets de roches volcaniques auxquels se mêlent les galets d'origine terrigène et la sédimentation silteuse.

La phase épirogénique intraviséenne (335 Ma) est responsable de l'érosion des terrains du Viséen moyen qui sont conservés seulement plus au Nord-Est avec le calcaire de Cussy-en-Morvan (Mamet, 1968 ; Vachard,

1976) sur la feuille voisine Lucenay-l'Évêque, ainsi que plus au Sud dans la Montagne bourbonnaise et le Roannais (Michel-Lévy, 1908 ; Chichery, 1938).

Cette phase intraviséenne marque le début de l'importante activité volcanique qui va régner durant le Viséen supérieur et accumuler les « Tufs anthracifères » (Jung, 1946). Ces tufs comprennent une succession d'épanchements aériens de tufs soudés et d'ignimbrites de composition rhyodacitique où les termes sédimentaires, représentés par quelques niveaux de siltites et de minces couches d'anhracite, sont très subordonnés.

Ce volcanisme aérien s'est mis en place selon une ceinture structurée en direction N 70° E et est accompagné d'un cortège d'intrusions subvolcaniques de filons et de stocks de microgranites et de granophyres. Les roches volcaniques et subvolcaniques ont des compositions minéralogiques et géochimiques caractéristiques des magmas issus de la fusion de roches métamorphiques profondes (fusion crustale).

Lors de la phase orogénique sudète (325 Ma), les terrains du Carbonifère inférieur sont plissés suivant une direction subméridienne. Les charnières des plis droits et vigoureux plongent modérément vers le Nord.

L'intrusion polyphasée du batholite granitique de Luzy au Namuro-Westphalien recoupe et métamorphose au contact les formations dinantiennes plissées.

Le mode de gisement et la disposition des différents faciès granitiques constituant le batholite suggèrent une mise en place allochtone entre les terrains volcano-sédimentaires et leur soubassement probable que seraient les gneiss et les migmatites affleurant seulement dans la région de Montjeu.

Le faciès granodioritique, représenté par les granites de Grury, d'Issy-l'Évêque et de Saint-Didier, occupe l'axe du batholite. Les granites situés de part et d'autre de cet axe — granite de Luzy et de La Rochemillay au Nord-Ouest, granite d'Uchon au Sud-Est —, sont de même souche magmatique calco-alkaline, avec une nette parenté mantellique.

Le granite à deux micas de Mesvres, plus récent, est de type alumineux et d'origine crustale.

C'est probablement en prémices à l'activité volcanique du Stéphanien, localement importante dans le Morvan (Carpena *et al.*, 1984), que l'on doit rattacher les filons et les stocks de microgranite granophyrique qui recourent à la fois les formations dinantiennes et le batholite de Luzy. Les filons de lamprophyre marquent les derniers stades de ce magmatisme.

Une grande part des fractures qui parcourent le domaine paléozoïque est due aux mouvements tardihercyniens dont le jeu en compression évolue de la direction N-S au Stéphanien supérieur à celle E-W à l'Autunien. Ces mouvements sont responsables des grands cisaillements N 30° E et N 160° E puis N 60° E et N 120° E (Bonijoly et Castaing, 1984).

C'est au cours de ces épisodes de compression, tardivement par rapport à la phase asturienne proprement dite, au Stéphanien moyen, que commence l'histoire sédimentaire du bassin d'Autun, avec le dépôt du bassin houiller

d'Épinac. Sur le territoire de la feuille, l'Autunien basal inaugure le comblement du bassin d'Autun.

C'est un lac intramontagneux, loin de toute influence marine. Ses rivages reçoivent des décharges détritiques, cailloutis et gravillons, qui admettent de rares et fugaces dépôts charbonneux. Au large, ce sont des sables et des vases où les galets n'arrivent que rarement.

Dans la zone de balancement subsiste la végétation palustre « houillère » à fougères et lépidophytes, en compétition avec la végétation à conifères installée sur les premières pentes sèches ; cette dernière assure finalement sa prédominance.

Le régime de sédimentation du lac oscille entre des dépôts instables, parfois varvés, parfois fluviatiles et plus ou moins aérés, parfois de stagnation et confinés, enregistrés par les dépôts des schistes bitumineux ; il s'agit de vases putrides chargées d'algues huileuses et de débris animaux phosphatés. Ce faciès à schistes bitumineux est tellement caractéristique que, dans l'usage, l'adjectif « autunien » désigne non seulement l'étage stratigraphique mais aussi un tel faciès.

A en juger par la quantité des traces qu'elle a laissées, coprolites, écailles et épines de poissons, ... la vie animale devait grouiller dans ce lac et aux alentours, représentée surtout par des poissons, des amphibiens et des reptiles, avec un cortège de crustacés et d'insectes. On remarque la rareté des lamellibranches, les eaux acides du lac convenant probablement mal à leurs coquilles.

Au fil du temps, le bassin s'est rétréci, et l'Autunien supérieur ne s'est déposé que dans une zone centrale restreinte où les schistes bitumineux sont plus importants. Tout au sommet, le célèbre boghead est constitué par l'accumulation d'algues bothryococcacées sans support minéral. On peut le décrire aussi bien comme un véritable charbon que comme un « schiste bitumineux » sans « schistes ». Quoiqu'il en soit, ce boghead témoigne de la raréfaction des apports terrigènes.

Ainsi, l'effondrement du bassin est figé à la fin de l'Autunien, son comblement est achevé. Aucun événement du Permien supérieur n'a laissé de trace ici.

Pendant toute cette période permienne, un volcanisme alentour a été enregistré par l'intercalation à certains niveaux de cendres volcaniques.

Les diverses phases de compression et de distension qui se succèdent de l'Autunien au Miocène et en contre-coups des orogénèses pyrénéenne et alpine, entraînent dans le socle paléozoïque une réactivation des fractures tardihercyniennes dans lesquelles se mettent en place, au Jurassique inférieur, des filons de quartz localement minéralisés en fluorine, barytine, sulfures de Fe, Pb, Zn, Cu, ainsi que des oxydes de Fe et Mn.

Pendant le Mésozoïque, la transgression triasique et le Jurassique ont recouvert les terrains antérieurs. Seuls quelques témoins subsistent actuellement sur le territoire de la feuille.

Enfin, un mince manteau de dépôts horizontaux du Plio-Pléistocène recouvre localement le bassin d'Autun et le domaine granitique.

DESCRIPTION DES TERRAINS

FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES ANTÉDÉVONIENNES

Les terrains les plus anciens reconnus sont des gneiss, localement anatectiques, et des migmatites.

Cette série cristallophyllienne, dont l'âge est protérozoïque à paléozoïque inférieur, apparaît nettement antérieure au granite hercynien de Mesvres qui l'enclave et la recoupe.

Elle affleure largement dans la partie orientale du territoire de la feuille, au sein du granite de Mesvres, où elle forme d'une part un vaste panneau d'environ 12 km², depuis Broye (alt. 310 m) jusqu'au château de Montjeu où elle culmine à 640 m d'altitude, et d'autre part deux petits panneaux de superficie inférieure au km², l'un vers Valvin et l'autre au Sud-Ouest de Guénand.

ζ. **Gneiss.** Le faciès commun est représenté par une roche de couleur grise, de grain fin à moyen, généralement hétérogranulaire, nettement foliée et riche en biotite.

Au microscope on observe une texture granolépidoblastique planaire, fréquemment protomylonitique, avec pour composition minéralogique :

- biotite rouge ;
- muscovite rare ou absente ;
- quartz dominant, souvent en plages étirées polycristallines à extinction onduleuse, parfois plissées (quartz en lanière) ;
- plagioclase plus ou moins séricitisé ;
- minéraux accessoires : apatite, zircon, minéraux opaques et localement grenat et sillimanite (Michel-Lévy, 1880).

Localement, les gneiss décrits ci-dessus passent progressivement à des **gneiss anatectiques** (ζ_[1]) et à des **migmatites** (ζ_[2]). On observe en effet des termes de transition caractérisés par la modification de la texture des roches : la texture granoblastique planaire devient isotrope et plus ou moins équante. Cette transformation s'accompagne d'un changement d'aspect général de la roche qui acquiert une cristallinité plus grossière et une foliation plus fruste qui s'estompe. On observe localement des figures d'agmatites ou de nébulites avec une ségrégation des éléments clairs en amas ou en veines d'aspect granitique, et des traînées de biotite ; l'ensemble traduit cette allure générale de mélange de matériel cristallophyllien et granitique qui caractérise les migmatites.

Une bande d'amphibolite, orientée E-W, est signalée par G. Tacnet (1981) entre Préau et le Nord de Charmasse. Ces roches, noires, forment une série de masses lenticulaires concordantes avec les gneiss orientés NE-SW.

Géochimie des gneiss (annexe 1)

L'échantillonnage utilisé pour cette étude comprend des gneiss récoltés sur la feuille Autun, dont les analyses sont données par H.G. Carrat (1969),

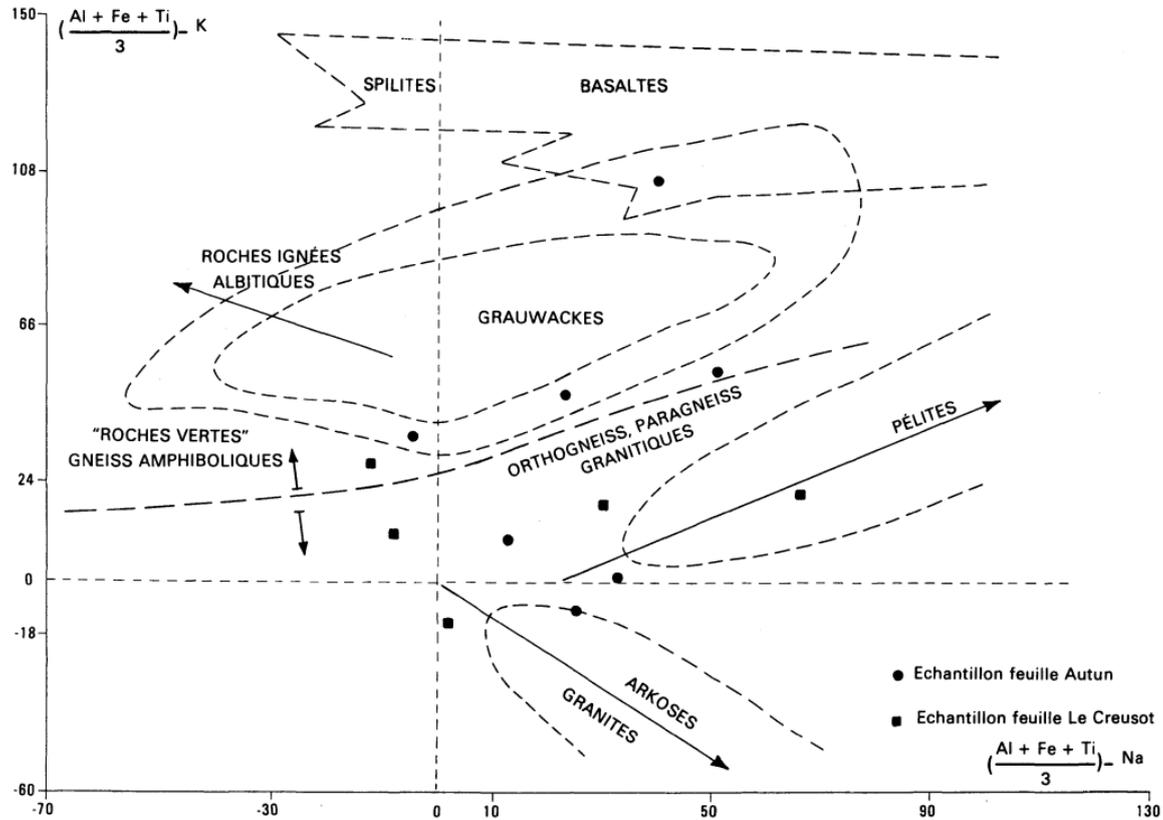


Fig. 2 - Position des gneiss sur le diagramme de Moine (1974)

et des gneiss récoltés par J. Arène sur la feuille voisine Le Creusot, à titre de comparaison. Compte tenu du faible nombre d'analyses représentatives, les conclusions ci-dessous doivent être considérées avec prudence.

Le diagramme $(Al + Fe + Ti)/3 - K : (Al + Fe + Ti)/3 - Na$ (Moine, 1974) permet de représenter l'évolution géochimique des roches ignées et sédimentaires et donc d'identifier des tendances para-ou orthodérivées dans les gneiss (fig. 2). Le diagramme $TiO_2 : FeO^*/MgO$ (Miyashiro, 1974) (fig. 3), complète les renseignements pour les roches magmatiques basiques. La distribution des principaux faciès sédimentaires dans ce diagramme est sommairement indiquée.

Les gneiss sont dispersés largement dans un domaine intermédiaire entre celui des sédiments terrigènes et celui des grauwackes (fig. 2). On peut envisager que des éléments d'origine volcanique, andésito-basaltiques et albitiques, sont associés sous forme de débris ou de cendres à des matériaux argileux terrigènes. Les teneurs en Na_2O , MgO et parfois TiO_2 (fig. 3) sont élevées pour une roche détritique, K_2O , et Al_2O_3 étant par ailleurs plus faibles. Cette formation pourrait avoir une origine volcano-sédimentaire mixte.

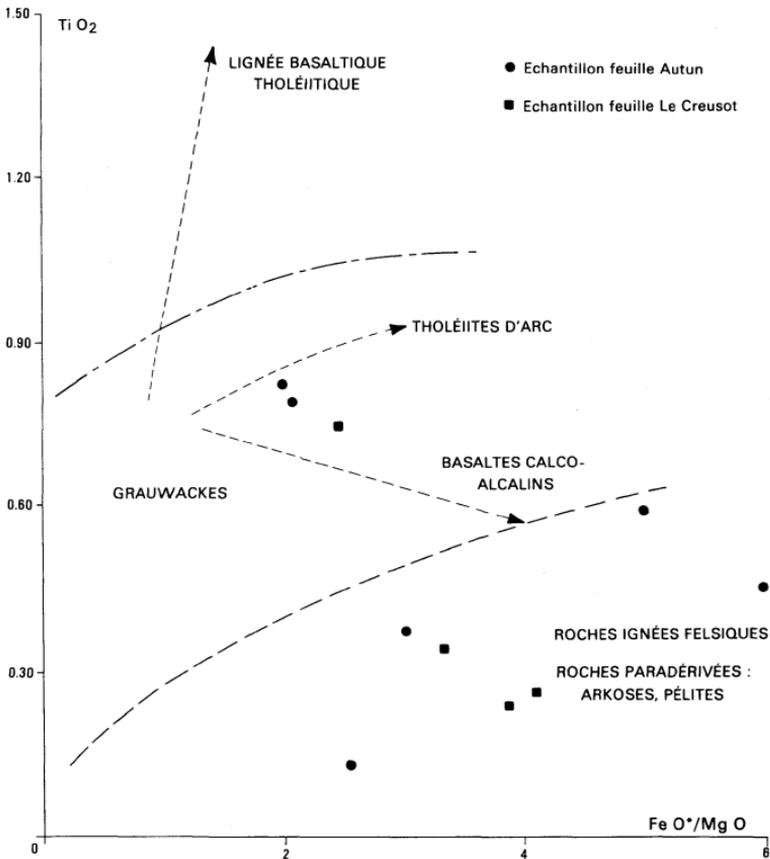


Fig. 3 - Position des gneiss sur le diagramme de Miyashiro (1974)

FORMATIONS DINANTIENNES

Tournaisien–Viséen inférieur

Un ensemble de roches sédimentaires et volcaniques dont les âges vont du Strunien (limite entre le Dévonien et le Carbonifère) au Viséen inférieur, s'étend suivant une orientation NE-SW dans le coin nord-ouest de la feuille. Largement développés de Toulour au mont Beuvray en une succession de plis qui s'ennoient vers le Nord-Est sous le Viséen supérieur, les terrains du Dinantien inférieur ne réapparaissent que localement à la faveur de petites fenêtres anticlinales situées en bordure du batholite granitique et du bassin permien d'Autun.

Cet ensemble se subdivise en deux unités distinctes :

- une unité sédimentaire, inférieure, où les dépôts détritiques fins à grossiers et d'origine terrigène sont largement dominants ;
- une unité volcanique, supérieure, caractérisée par une succession d'épanchements aériens de nature rhyolitique à andésitique, accompagnés de leurs produits de projection et de démantèlement.

On ne possède que peu d'éléments de datation stratigraphique de la série dévono-dinantienne. Deux sites fossilifères, situés respectivement à 1,3 km au Sud et 1 km au Sud-Ouest du Puits, ont été découverts et étudiés par M. Coulon *et al.* (1980). Ils indiquent un âge dévonien supérieur pour la flore du premier site, et strunien pour la microflore du second site.

La cartographie a montré, contrairement à l'hypothèse de ces auteurs, que l'unité sédimentaire était antérieure à l'unité volcanique. Ainsi, les âges obtenus sont en accord avec la succession stratigraphique régionale (Delfour, 1989) et supposent la présence d'un mince axe anticlinal dévonien supérieur (à dominante silteuse) passant en continuité sédimentaire aux dépôts silto-grésos-conglomératiques du Strunien, puis du Tournaisien.

h1-2. Unité sédimentaire. Les terrains affleurant sur le territoire de la feuille Autun prolongent ceux, identiques, qui s'étendent dans la partie sud du faisceau du Morvan (feuilles Fours, Bourbon-Lancy et Dompierre-sur-Besbre).

Dans ces terrains, la sédimentation silteuse du Dévonien supérieur se poursuit sans discontinuité stratigraphique avec celle du Carbonifère inférieur (absence de la phase orogénique bretonne).

Rien ne différencie, sur les plans faciologique et géochimique (Delfour *et al.*, 1984), les siltites de l'un ou l'autre de ces deux étages si ce n'est la présence d'intercalations de tufs basaltiques dans le Dévonien supérieur et celle de grès et de conglomérats dans le Carbonifère inférieur. C'est à ce changement des termes associés aux siltites qu'est tracée la limite entre les deux étages.

● **Siltites.** Les siltites sont des roches très finement grenues, plus ou moins dures et de couleurs gris sombre à vert kaki.

Dans le secteur entre Le Puits et Petiton, elles peuvent constituer des couches massives de plusieurs mètres d'épaisseur, sans stratification bien marquée.

Elles affleurent également en bancs plus minces, pluridécimétriques à pluricentimétriques, associés à des bancs gréseux et présentent alors des fines laminations millimétriques faites de successions de lits clairs gréseux et de lits sombres silteux. Les figures de sédimentation, telles que les micro-ravinements et les stratifications obliques, y sont fréquentes (moulin de la Chaute au pied sud-ouest du mont Beuvray).

L'activité volcanique, déjà présente dans d'autres secteurs (ex. : le massif du mont Beuvray), se fait sentir dans les niveaux supérieurs de l'unité sédimentaire. Les siltites prennent une teinte violacée et contiennent de fins cristaux de feldspaths blancs (1 km au Sud-Ouest de Rivière).

● **Grès.** Ils alternent avec les siltites, en bancs de quelques centimètres à plusieurs mètres d'épaisseur. Ils sont généralement de couleur brune à beige clair et présentent une granulométrie fine et homogène. Ils sont constitués de grains anguleux et émoussés de quartz, de quartzite et de lydienne. D'aspect massif, ils offrent rarement des figures de sédimentation telles que des stratifications obliques ou entrecroisées.

Les grès grossiers microconglomératiques sont moins fréquents et ont tendance à s'associer aux bancs de conglomérats.

Les bancs de grès sont communément parcourus par un réseau de veinules de quartz secondaire blanc. Sous l'action de déformations plus intenses, ce réseau siliceux peut envahir entièrement la roche et lui donner un aspect de filon de quartz.

● **Conglomérats** (h1-2[2]). Ils possèdent les mêmes constituants détritiques que les grès mais leurs tailles dénotent des apports plus brutaux, de type deltaïque. Les galets de quartz, quartzite et lydienne, émoussés à bien arrondis, ont une taille variant de plusieurs millimètres à 5 cm, atteignant plus rarement 10 cm. La matrice gréseuse est plus ou moins grossière et abondante.

Les conglomérats forment des bancs interstratifiés dans les alternances de siltites et de grès, puissants de quelques décimètres à plusieurs mètres. Ils ont une structure massive et leur litage n'est marqué que par les variations dans la taille des galets ou les intercalations gréseuses ou silteuses.

Ces apports brutaux dans la sédimentation silteuse entraînent des contacts tranchés avec les siltites et les grès ainsi que leurs fréquents remaniements.

A 500 m à l'Est du Puits, le conglomérat intercalé dans les grès contient des galets arrondis et émoussés, de quelques cm, de quartz mono- et polycristallin, de quartzite fin rubané, de lydienne noire à fantômes de radiolaires, de siltite déformée par la compaction et de grès immature. Dans la matrice finement grenue à amas de phyllites, on note la présence de biotite de néoformation due au métamorphisme thermique, ainsi qu'un réseau de veinules secondaires de quartz.

Sous l'action des contraintes tectoniques, les bancs de conglomérats subissent les mêmes modifications que les bancs de grès ; les veines de quartz secondaires envahissent la roche, estompant les contours des galets et lui

donnant l'aspect de filon de quartz. De tels faciès forment des barres rocheuses dans la forêt de Chatillon. Dans ce cas, seule l'observation détaillée ou l'étude en lame mince permet de retrouver la structure conglomératique.

Dans les grès et les conglomérats, des grains et des galets de lave acide, parfois à relique de texture vitroclastique, s'ajoutent aux éléments détritiques habituels, par exemple à 300 m au Sud du Haut-de-l'Arche.

● **Calcaires** (h1-2[1]). Deux lentilles de calcaire cristallin blanc sont interstratifiées dans les siltites et les grès.

Celle d'Argentolle a été le siège de circulations hydrothermales qui ont déposé la fluorine dans les cavités de dissolution karstique.

Au Puits, la lentille, qui fut exploitée en tant que marbre (Nectoux, 1959), est intercalée dans des alternances de siltites noires, de grès fins pyriteux et de calcaires gris. La recherche de conodontes sur des échantillons de marbre n'a pas révélé de faune.

● **Coulées et sills** (h1-2[3]). Les manifestations volcaniques sont rares dans l'unité sédimentaire et limitées à quelques corps de microgabbro et de **microdiorite** (δ) intrusifs, probablement sous la forme de sills, au Sud-Ouest du Rebout, au Nord-Est des Blanchots et à Senavelle. Plus exceptionnellement, une coulée d'**andésite-basalte** (α) peut être intercalée dans les sédiments, comme à l'Est du Puits.

h1-2 α . **Unité volcanique.** La masse importante des matériaux volcaniques qui constitue les reliefs s'étendant de Touleur au mont Beuvray, occupe plusieurs synclinaux pris dans les sédiments de l'unité sous-jacente.

Les épanchements de rhyolite et de dacite ignimbrtiques sont largement dominants sur la présence plus localisée de coulées de lave basaltique ou des faciès plus étroitement liés aux centres d'émission, tels que des extrusions andésito-dacitiques, des brèches volcaniques grossières, parfois conglomératiques, et des tufs peu remaniés.

● **Épanchements ignimbrtiques.** Les ignimbrites rhyolitiques et dacitiques occupent une grande part du versant ouest du mont Beuvray, jusqu'aux Vieilles-Maisons, et se rencontrent depuis les hauteurs de Soret jusqu'à l'extrémité sud de Touleur.

Ces roches se présentent sous deux faciès principaux :

– soit une lave beige à gris clair, finement porphyrique, pouvant laisser apparaître une texture rubanée et fluidale sur les faces soumises à l'altération météorique ;

– soit une roche plus massive, gris-bleu à gris sombre.

En lame mince, la composition minéralogique et la texture porphyrique sont assez semblables pour ces deux faciès de lave ; les petits phénocristaux d'oligoclase sont pris dans un fond felsitique ou vitroclastique plus ou moins recristallisé et envahi de feldspath potassique secondaire.

Les roches gris sombre contiennent de la biotite brune ou rouge due au métamorphisme thermique du granite.

Dans des zones dont les limites restent floues, les laves acides sont altérées en une association de quartz xénomorphe et de séricite-muscovite en agrégats qui respectent parfois les contours des anciens phénocristaux de plagioclase. La pyrite, presque toujours présente, entraîne une décoloration et une rubéfaction de la roche par altération météorique.

● **Brèches et tufs acides.** Ces roches sont relativement abondantes et souvent associées aux ignimbrites avec lesquelles elles offrent des termes de passage graduel par diminution de la taille des fragments lithiques (ignimbrites à lapilli).

Dans le versant sud du mont Beuvray, de Malvaux à la Place-aux-Laidés, les **brèches grossières** ($h_{1-2}p\alpha_{[2]}$) forment un niveau situé sous les épanchements ignimbritiques. Les fragments de laves atteignent plusieurs cm et sont constitués d'ignimbrite fluidale, de lave felsitique et de dacite porphyrique ; ils sont, avec les cristaux de plagioclase, emballés dans un fond microlitique pigmenté de biotite fine de métamorphisme thermique.

Une roche un peu semblable est rencontrée en éboulis aux Portes-de-Rebout (versant nord du mont Beuvray) ; les blocs anguleux et arrondis (galets) de rhyolite et d'ignimbrite rubanée peuvent atteindre 30 cm.

Les **tufs grossiers**, localement bréchiques et partiellement soudés, s'étendent depuis le sommet du mont Beuvray (Le Porrey) jusqu'à la Place-aux-Laidés. En lame mince, les nombreux fragments lithiques de rhyolite et ignimbrite sont pris dans une matrice microlitique et fluidale toujours pigmentée de fines biotites de métamorphisme thermique.

Aux extrémités nord et sud de ce niveau, les tufs sont constitués de fragments lithiques isogranulaires (lave felsitique à débit perlitique, ignimbrite fluidale, dacite porphyrique et microlitique) et de cristaux cassés d'oligoclase ; la matrice est très peu développée. De tels tufs proviendraient du dépôt direct de projections volcaniques aériennes.

● **Andésites-dacites porphyriques.** L'extension de ces roches, qui affleurent dans la partie ouest de la Terrasse du mont Beuvray, n'a pu être reconnue. Leurs textures et leurs compositions sont identiques à celles des laves dont le mode de gisement en masses extrusives a été observé sur le territoire de la feuille Bourbon-Lancy. Les phénocristaux de plagioclase, de minéral ferro-magnésien entièrement transformé en agrégats de chlorite et de minéraux opaques, de rares quartz à auréole réactionnelle, sont emballés dans un fond microlitique dont la fluidalité est peu marquée.

● **Coulées et sills d'andésites-basaltes** ($h_{1-2}p\alpha_{[1]}$). Les affleurements dispersés le long du cours inférieur de la rivière de la Roche, à l'Est de Toulour, et ceux des versants nord et sud du mont Beuvray, appartiennent très probablement à des coulées de lave installées respectivement à la base de l'unité volcanique et dans la masse des épanchements acides.

Ces laves sont caractérisées par une texture porphyrique à phénocristaux sub- à automorphes de plagioclase zoné, de phénocristaux subautomorphes d'amphibole altérée en actinote et/ou en chlorite, dans un fond microlitique chargé d'actinote et d'épidote secondaires.

Viséen supérieur

Les terrains rapportés au Viséen supérieur contiennent des matériaux volcaniques décrits sous les termes de tufs microgranulitiques (Michel-Lévy, 1908) ou de « Tufs anthracifères ». Ils sont distribués suivant deux unités structurales assez bien distinctes :

— l'extrémité nord du synclinal de Chiddes, occupée par des tufs soudés, des ignimbrites et des filons de microgranite et qui s'étend à l'Ouest de Touleur et au Haut-de-l'Arche ;

— la moitié est du complexe d'Onlay, à structure synclinale composite, où les tufs soudés et les ignimbrites sont envahis par des stocks de granophyre et par des filons de microgranite. Cette unité occupe le coin nord-ouest du territoire de la feuille.

Synclinal de Chiddes

h2ip. Tufs soudés rhyodacitiques, ignimbrites rhyodacitiques. Les volcanites du synclinal de Chiddes constituent un ensemble de tufs soudés rhyodacitiques dans lequel on peut distinguer des tufs soudés communs de couleur gris-vert à gris-bleu sombre et des ignimbrites de couleur rouge violacé.

● Les **tufs soudés communs** sont des roches massives montrant rarement des traces de fluidalité à l'affleurement. Ils se caractérisent par l'abondance des biotites hexagonales (presque toujours chloritisées), des cristaux de plagioclases blancs, verdâtres ou rougeâtres suivant leur état d'altération, et par la présence fréquente de cristaux de quartz.

En lame mince, les principaux minéraux peuvent apparaître en proportions variées ; ce sont les phénocristaux de plagioclase, oligoclase-andésine, et de biotite transformée en chlorite, leucoxène et minéraux opaques, dans un fond vitroclastique riche en feldspath potassique et en partie recristallisé mais conservant la fluidalité ignimbritique et même parfois les échardes de verre.

Assez souvent, les phénocristaux corrodés, cassés, de quartz s'y ajoutent, dépassant en quantité relative les phénocristaux de plagioclase. Ces variations dans l'association minérale sont visibles à petite échelle, se traduisant par des alternances de « lits » millimétriques à centimétriques, plus ou moins riches en quartz ou en biotite.

Les fragments lithiques, très généralement de tuf soudé repris, ont des contours flous et ne se distinguent que par la taille différente des cristaux ; ils contribuent ainsi à l'hétérogénéité minéralogique. Les cristaux souvent xénomorphes de feldspath potassique sont subordonnés mais constamment présents, ainsi que les minéraux accessoires comme l'apatite et le zircon.

Le grenat xénomorphe, craquelé et partiellement altéré en chlorite, semble accompagner les faciès riches en quartz. Quelle que soit sa provenance, du synclinal de Chiddes ou du complexe d'Onlay, sa composition minéralogique moyenne, calculée d'après sa composition chimique, est celle d'une solution solide à 75,5 % d'almandin, 19 % de pyrope, 3 % de spessartite et de 2,5 % de grossulaire.

Les grenats observés dans les tufs du Morvan sont isolés et ne sont pas inclus dans des enclaves de roches métamorphiques comme ceux étudiés

par J. Bertaux (1982) dans la région de Roanne ; par contre, les compositions chimiques restent identiques. Les grenats du faisceau du Morvan pourraient dériver également de formations métamorphiques situées en profondeur.

● Les **ignimbrites violacées** ont la même constitution minéralogique que les tufs soudés, mais s'en distinguent au microscope par les lithophyses fines et étirées, remplies de quartz et de chlorite secondaires, et par le rubanement plus marqué du fond vitroclastique que soulignent l'orientation et la déformation des phénocristaux de biotite.

Complexe d'Onlay

Les intrusions subvolcaniques granophyriques, cogénères des épanchements aériens, sont concentrées dans la partie occidentale. Vers l'Est, le nombre et le volume de ces intrusions décroissent et laissent place aux divers tufs soudés rhyodacitiques dont les natures et les compositions sont identiques à celles des tufs occupant la partie nord du synclinal de Chiddes.

h2/p. **Tufs soudés rhyodacitiques, ignimbrites, tufs soudés dacitiques.** On peut distinguer trois types principaux de faciès dans l'ensemble relativement homogène que sont les volcanites du complexe d'Onlay :

- les tufs soudés rhyodacitiques communs ;
- les ignimbrites violacées ou verdâtres ;
- les tufs soudés dacitiques.

Ces trois types sont répartis à travers le complexe en plusieurs bandes lenticulaires, allongées NE-SW, mais aux contours irréguliers et mal définis, dus à l'intrication des épanchements, aux intrusions de granophyres, puis aux déformations tectoniques.

Les bandes ignimbritiques localisées dans la bordure sud-est du complexe appartiennent probablement aux mêmes épanchements occupant la moitié nord-ouest du synclinal de Chiddes. Les tufs dacitiques ont une position plus centrale au milieu des tufs communs. Les ignimbrites violacées pourraient donc se placer parmi les premières venues effusives du Viséen supérieur.

● Les **tufs soudés communs** représentent une part notable des volcanites. A l'exemple du synclinal de Chiddes, ils montrent les mêmes variations rhyodacitiques à dacitiques suivant leur richesse en phénocristaux de quartz, et la même chloritisation des biotites. Le caractère ignimbritique est cependant mieux marqué, se traduisant sur nombre d'affleurements par une orientation des biotites suivant la fluidalité d'écoulement.

Au microscope, les biotites chloritisées sont très souvent recristallisées en agrégats de fines biotites rouges néoformées sous l'action thermique du granite sous-jacent au faisceau volcano-sédimentaire. Ce métamorphisme n'est guère perceptible sur le terrain et difficile à cerner. Dans quelques localités, la biotite chloritisée possède encore un cœur de biotite primaire. Le grenat relique est également fréquent dans les tufs soudés rhyodacitiques riches en phénocristaux de quartz. Sa composition chimique est semblable à celle du grenat du synclinal de Chiddes.

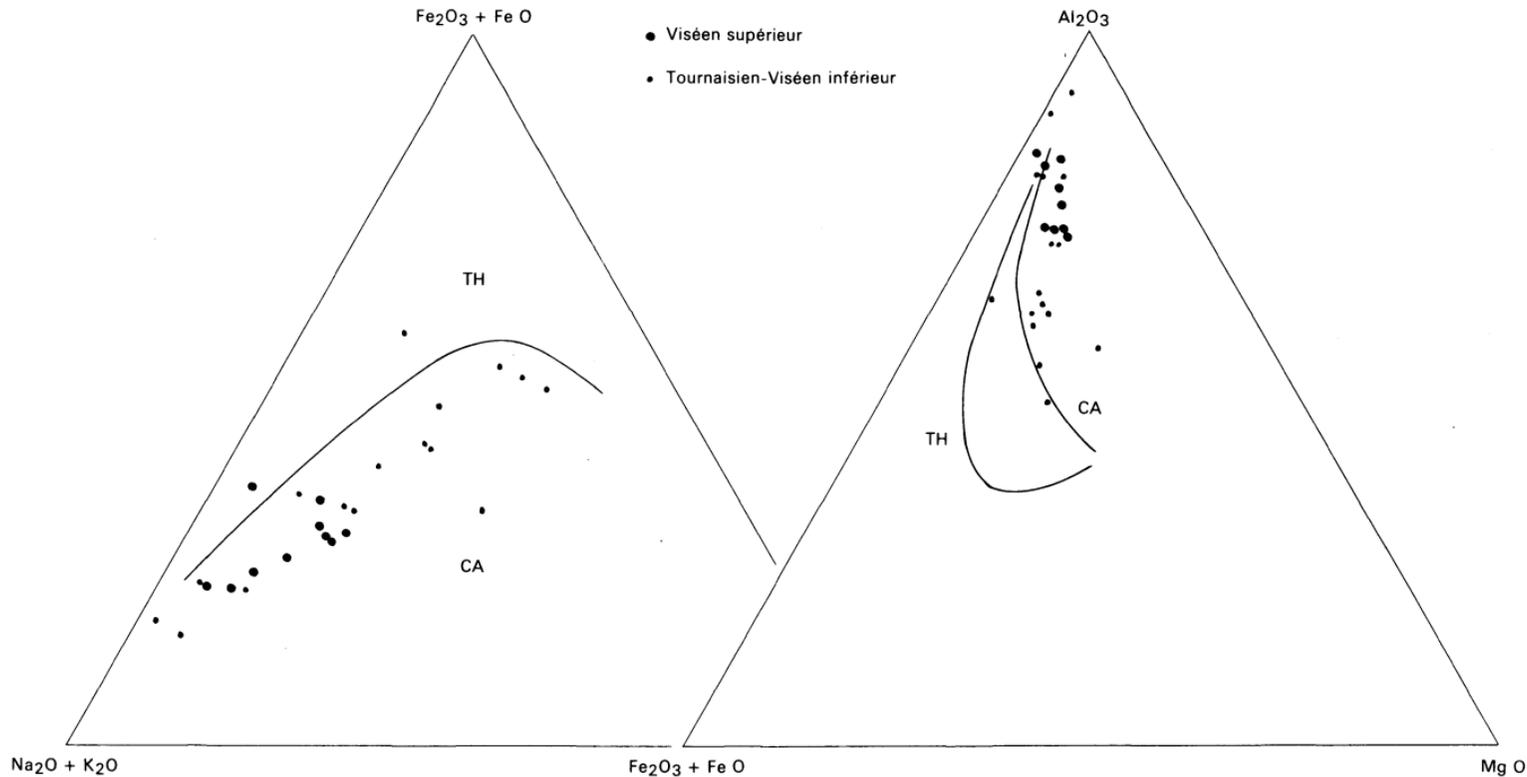


Fig. 4 - Position des roches volcaniques sur le diagramme AFM. (A = $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$; F = $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$; M = MgO); TH = domaine de la série tholéiitique; CA = domaine de la série calco-alkaline (Kuno, 1968)

Fig. 5 - Position des roches volcaniques sur le diagramme de Besson et Fonteilles (1974). TH = courbe d'évolution de la série tholéiitique; CA = courbe d'évolution de la série calco-alkaline

- Les **ignimbrites** se distinguent par leur aspect flammé et rubané qui est mieux marqué dans les faciès violacés que dans ceux verdâtres. Elles contiennent les mêmes minéraux que les tufs soudés, mais assez peu de phénocristaux de quartz.
- Dans les **tufs dacitiques**, de couleur gris-vert à vert foncé, où le quartz est absent, des phénocristaux d'amphibole chloritisée s'ajoutent aux minéraux habituels ; le fond vitroclastique et fluidal reste néanmoins riche en feldspath potassique.

h2gh. **Granophyres.** Au Nord-Est de Villapourçon, les granophyres envahissent les terrains du Viséen supérieur en une série d'intrusions étirées et plus ou moins anastomosées suivant la direction NE-SW.

Dans le détail, ces corps ont des limites complexes, isolant depuis de vastes panneaux jusqu'à des enclaves métriques de roches encaissantes. La nature du contact est rarement observable et souvent faillée.

A travers ces intrusions, les granophyres conservent une couleur beige à gris-beige, des phénocristaux de plagioclase dépassant rarement 1 cm, et un fond granophyrique plus ou moins grossier contenant de la biotite.

En lame mince, la texture est porphyrique à glomérophyrique, formée de phénocristaux de quartz partiellement corrodés, de phénocristaux d'oligoclase et de biotite ; cette dernière est souvent altérée en un mélange de chlorite, minéraux opaques ferro-titanés et leucoxène que le métamorphisme thermique recrystallise en agrégats de fines biotites rouges. La matrice est une association symplectique, à texture micrographique, de quartz, plagioclase et feldspath potassique, plus ou moins largement cristallisée.

Les plagioclases peuvent enclaver des grenats dont la composition chimico-minéralogique à 78,5 % d'almandin, 10,5 % de pyrope, 8,5 % de spessartite et 2,5 % de grossulaire, est proche de celle des grenats des tufs soudés, suggérant une origine commune par fusion des roches métamorphiques sous-jacentes au faisceau volcano-sédimentaire (Bertaux, 1982).

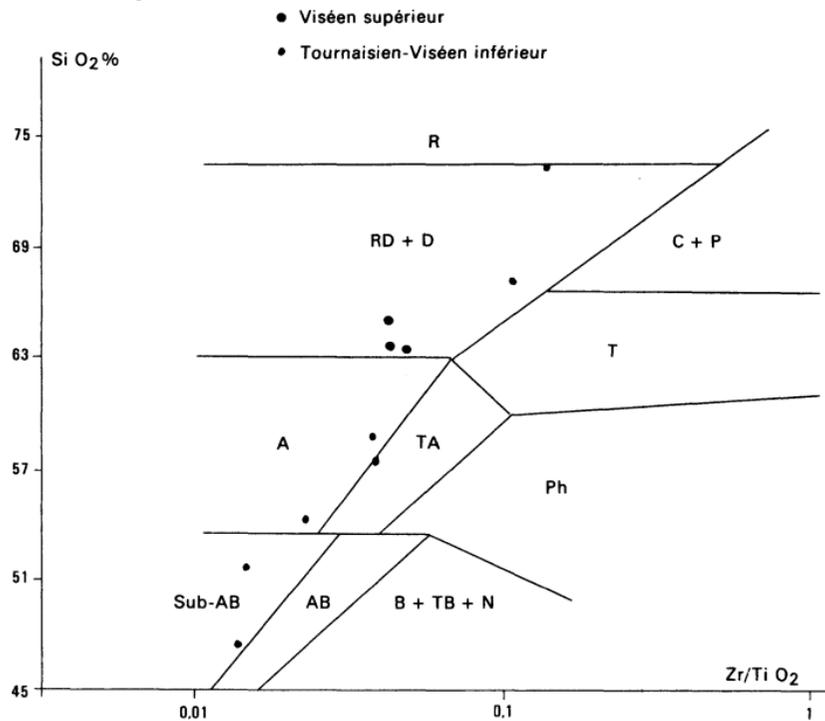
On note la présence de septa plagioclasiques, comme dans les tufs.

h2μγ. **Microgranites, stocks.** Entre Villapourçon et Toulour, trois petits stocks de microgranite sont installés dans les tufs du Viséen supérieur. Leurs compositions minéralogiques et leurs textures sont identiques à celles des microgranites en filons (voir « Roches filoniennes »).

Géochimie des roches volcaniques (annexe 2)

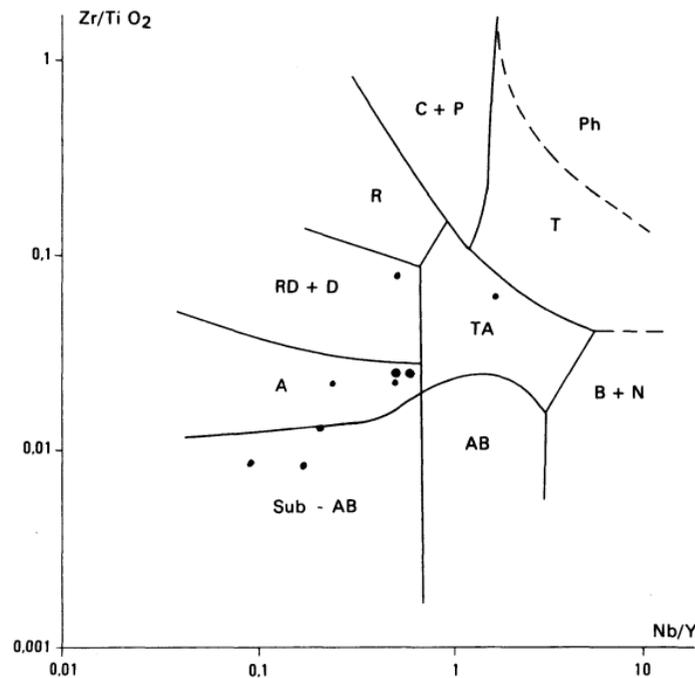
Volcanisme du Tournaisien—Viséen inférieur

Le caractère magmatique calco-alkalin des roches volcaniques du Tournaisien—Viséen inférieur est mis en évidence par les diagrammes géochimiques prenant en compte les éléments majeurs relativement stables (fig. 4 et 5).



Sub-AB = basalte sub-alcalin; A = andésite; RD + D = rhyodacite et dacite; R = rhyolite; AB = basalte alcalin; TA = trachyandésite; T = trachyte; C + P = comendite et pantellérite; B + TB + N = basanite, trachybasanite et néphéline; Ph = phonolite.

Fig. 6 - Position des roches volcaniques dans la grille de classification de Floyd et Winchester (1978)



Sub-AB = basalte sub-alcalin; A = andésite; RD + D = rhyodacite et dacite; R = rhyolite; AB = basalte alcalin; TA = trachyandésite; T = trachyte; C + P = comendite et pantellérite; B + TB + N = basanite, trachybasanite et néphéline; Ph = phonolite.

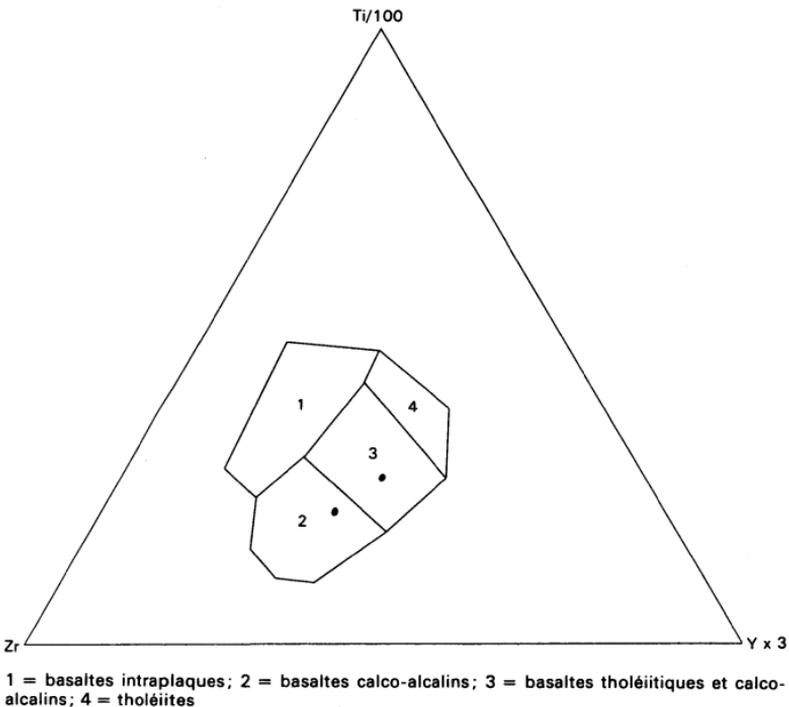
Fig. 7 - Position des roches volcaniques dans la grille de classification de Floyd et Winchester (1978)

Cette tendance est confirmée par les éléments en traces réputés encore plus stables à travers les diverses formes d'altération. On note en outre, sur les grilles de classification (fig. 6 et 7), la rareté des termes trachytiques et trachy-andésitiques, contrairement aux descriptions anciennes (carte géologique à 1/80 000).

Les compositions trachytiques présentées par certaines roches volcaniques acides du Tournaisien–Viséen inférieur ne sont pas primaires et résultent de phénomènes secondaires d'altération potassique. Celle-ci est très répandue à travers le faisceau dévono-dinantien et affecte également les roches sédimentaires (conglomérats et grès). Elle est particulièrement forte à proximité du granite de Luzy qui semble en être la cause principale (Lemière, 1983 ; Delfour *et al.*, 1984) et peut conduire à des teneurs en K_2O bien plus élevées que celles caractérisant les trachytes.

Les quelques volcanites basiques et intermédiaires du Tournaisien ont des caractères magmatiques calco-alcalins (fig. 8).

Le volcanisme du Tournaisien–Viséen inférieur affleurant sur le territoire de la feuille Autun est semblable à celui de même âge rencontré dans le faisceau du Morvan (Delfour, 1989) et qui appartient à une suite magmatique calco-alcaline liée à l'évolution d'un domaine orogénique en régime de compression.



1 = basaltes intraplaques ; 2 = basaltes calco-alcalins ; 3 = basaltes tholéiitiques et calco-alcalins ; 4 = tholéiites

Fig. 8 - Position des roches volcaniques basiques ($SiO_2 = 46$ à 54%) du Tournaisien-Viséen inférieur sur le diagramme discriminant de Pearce et Cann (1973)

Volcanisme du Viséen supérieur

Les roches volcaniques et les intrusions subvolcaniques, cogénétiques, du Viséen supérieur sont de nature plus homogènes, avec des compositions de dacite et de rhyodacite (fig. 6 et 7). Les données géochimiques recueillies sur l'ensemble du faisceau (Delfour, 1989), à la fois sur les compositions chimiques des volcanites et sur celles de certains minéraux constitutifs (grenat, biotite), confèrent à ce volcanisme essentiellement aérien une origine crustale par fusion anatectique de matériaux métamorphiques (Bertaux, 1982).

ROCHES PLUTONIQUES

Namuro-Westphalien

γ^2F . **Granite du Folin.** A la bordure nord du complexe d'Onlay, le granite du Folin est intrusif dans les tufs et ignimbrites du Viséen supérieur. C'est une roche de teinte rose, moyennement grenue et parfois porphyroïde. Le quartz et l'orthose sont largement dominants sur l'albite et la biotite ; cette dernière, seule ou associée à la muscovite, est presque toujours altérée en chlorite, minéraux opaques et feldspath potassique. Un faciès porphyrique et à grain plus fin et fond micrographique apparaît en bordure de massif (Morel, 1976).

Batholite de Luzy

A l'extrémité méridionale du Morvan cristallin, le batholite ou massif de Luzy est un complexe granitique de direction générale NE ; c'est une entité régionale bien définie dont les limites avec son environnement géologique sont relativement nettes et précises, là où un recouvrement superficiel ne les masque pas sur de trop grandes étendues.

Sur le territoire de la feuille Autun, le massif de Luzy est limité à l'Ouest et au Nord-Ouest par le flanc oriental du faisceau dévono-dinantien du Morvan et au Nord par le bassin stéphano-permien d'Autun. Il comprend deux unités principales (Carrat, 1969) :

- un granite calco-alcalin (de Luzy *s.s.*) auquel est associée une granodiorite calco-alcaline (de Saint-Didier-sur-Arroux) ; cet ensemble constitue le granite de Luzy *l.s.* ;
- un granite alumineux : le granite de Mesvres.

A l'Ouest et au Nord-Ouest, le contact du granite de Luzy avec le Dévono-Dinantien, quoique jalonné de failles, apparaît intrusif avec développement d'un métamorphisme thermique. Au Nord, ses relations avec le granite de Mesvres n'ont pas pu être précisées. Par ailleurs, le granite de Luzy s'étend sur les territoires des feuilles avoisinantes : au Sud-Ouest, sur les feuilles Fours et Bourbon-Lancy ; au Sud, sur la feuille Toulon-sur-Arroux ; et au Sud-Est, sur les feuilles Montceau-les-Mines et Le Creusot.

γ^4 . **Granodiorite calco-alkaline porphyroïde à biotite et parfois amphibole (de Saint-Didier-sur-Arroux)**. La granodiorite occupe la zone centrale de la feuille où elle constitue le cœur du massif de Luzy.

Il s'agit d'une roche mésocrate, porphyroïde de grain moyen à grossier, riche en minéraux ferro-magnésiens. Le faciès-type commun est bien représenté à Saint-Didier-sur-Arroux.

Au microscope, on observe une texture hypidiomorphe grenue porphyroïde avec :

- biotite brun-rouge ;
- amphibole verte (hornblende actinolitique) ;
- feldspath potassique ;
- plagioclase zoné (oligoclase-andésine) ;
- quartz ;
- minéraux accessoires (apatite, sphène, allanite, zircon, minéraux opaques).

Cette granodiorite est localement riche en enclaves de roches microgrenues, essentiellement des microdiorites et des microdiorites quartziques.

γ^3 . **Granite calco-alkalin porphyroïde à biotite (de Luzy s.s.)**. Le faciès commun est bien représenté dans le secteur montagneux au Sud-Est du territoire de la feuille et le faciès-type, à Uchon, par un granite porphyroïde à gros grains.

Au microscope on observe une texture hypidiomorphe grenue et porphyroïde avec :

- biotite brun-rouge ;
- muscovite localement présente ;
- plagioclase (oligoclase) parfois un peu zoné ;
- feldspath potassique, généralement en quantité inférieure au plagioclase ;
- quartz ;
- minéraux accessoires (apatite, sphène et zircon).

Les enclaves sont rares et sont soit de forme ovoïde, à grain fin et de composition sensiblement analogue à celle du granite mais plus riche en biotite, soit des loupes presque essentiellement biotitiques.

Un faciès particulier, caractérisé par la présence de **cordiérite** ($\gamma^3_{[1]}$) s'étend à la bordure nord-ouest du massif, plus particulièrement à l'WNW de La Boutière, à flanc de coteau, le long de la D179, de l'WNW au SW de Saint-Léger-sous-Beuvray vers le mont de Brème, L'Ane, Les Jours, et enfin plus au Sud, vers la limite du Dévono-Dinantien, à environ 2 km au Sud-Ouest de Larochemillay.

La cordiérite n'a été décelée qu'en lame mince et ce faciès particulier est probablement plus étendu ; toutefois, la présence de cordiérite n'a été notée que sur la bordure occidentale du massif de Luzy.

Les granites à cordiérite ont une granulométrie assez hétérogène ; leur faciès est proche de celui du granite calco-alcalin banal ou plus généralement possèdent un grain plus fin. Leur composition minéralogique est sensiblement analogue, avec les mêmes constituants auxquels s'ajoute la cordiérite.

γ^2 . **Granite aluminopotassique (de Mesvres)**. Vers le Nord, l'extension de ce granite est limitée par le bassin stéphano-permien d'Autun avec lequel il est en contact par faille. A l'Ouest et au Sud, il est bordé par le granite de Luzy et se prolonge à l'Est sur le territoire de la feuille Le Creusot.

Le faciès le plus courant est une roche de teinte claire, à grain fin à moyen. Au microscope, ce granite présente une texture hypidiomorphe grenue avec pour minéraux :

- biotite et muscovite le plus souvent en égales proportions ;
- albite-oligoclase ;
- feldspath potassique ;
- quartz ;
- minéraux accessoires (apatite et zircon).

Ce faciès courant varie localement tendant soit vers des faciès à grain fin ou aplitiques, soit à l'opposé vers des roches à gros grains, parfois porphyroïdes et même exceptionnellement pegmatitiques.

Les enclaves observées sont constituées de granite de même nature mais à grain très fin, ou bien par des roches microgrenues porphyriques, riches en biotite brun-rouge, rare muscovite, plagioclase zoné abondant et quartz.

Par ailleurs, le granite alumineux enclave des diorites principalement localisées dans la zone centrale, et de vastes panneaux de roches cristallophylliennes dans la partie est de la feuille.

Diorites

Ces roches s'observent surtout au sein du granite à deux micas de Mesvres, dans un rayon d'environ 3 km autour de Laizy et entre Fontaine-la-Mère et La Comelle, où elles affleurent en petits corps dispersés, de faible extension inférieure ou égale au km².

On les retrouve sur des superficies bien moindres et beaucoup plus dispersées au sein de la granodiorite centrale, depuis Brion jusqu'au Nord de Saint-Didier-sur-Aroux. On y rencontre des diorites, des diorites quartziques et des tonalites avec des termes de transition depuis les diorites jusqu'aux tonalites.

η . **Diorites**. Elles présentent des textures généralement grenues, parfois ophitiques, de grain fin à moyen. Leur composition minéralogique est à :
– biotite brun-rouge ;
– amphibole verte, variant de la hornblende actinolitique ou édénitique à la magnésio-hornblende ;
– clinopyroxène localement présent ;

- plagioclases abondants, généralement andésine parfois très zonée d'oligoclase à labrador,
- minéraux accessoires (apatite, zircon, sphène, allanite et minéraux opaques).

η^{1-2} ; η^2 . **Diorites quartziques ; tonalites.** Ce sont des roches grenues de composition minéralogique sensiblement analogue aux diorites décrites ci-dessus. Les diorites quartziques renferment un peu de quartz xénomorphe interstitiel. Dans les tonalites, le quartz est assez abondant et on note, en outre, la présence de rares feldspaths potassiques.

Géochimie des granitoïdes (annexe 2)

Selon la classification internationale de l'IUGS (Streckeisen, 1973) basée sur les proportions modales des minéraux et son approximation géochimique (Streckeisen et Lemaître, 1979), les massifs de Luzy et de Mesvres sont des granites. Le massif de Saint-Didier est une granodiorite, avec des termes extrêmes monzonitiques. Les mêmes déterminations peuvent être faites dans le diagramme R1-R2 proposé par H. de La Roche *et al.* (1980 a), avec un peu plus de dispersion.

Granite de Luzy

Dans le diagramme $Al-(Na+K+2Ca) : Fe + Mg + Ti$ (A : B ; de La Roche, 1969 ; Debon et Lefort, 1983), le granite de Luzy occupe un champ situé à la fois dans le domaine peralumineux, à biotite-muscovite, et dans le domaine métalumineux, à biotite \pm amphibole (fig.9). La pente dominante de ce champ étant négative, on peut rattacher le granite de Luzy aux associations alumino-cafémiennes. Sa dispersion dans le diagramme Q-B-F suggère un caractère subalcalin monzonitique, analogue à celui décrit pour les « granites rouges » de type Ploumanac'h ou Le Mayet-de-Montagne (Autran *et al.*, 1980). Dans les diagrammes proposés par H. de La Roche *et al.* (1980 b), le granite de Luzy apparaît en position intermédiaire entre les monzogranites (magnésio-potassiques) et les granites calco-alcalins.

Granite de Mesvres

Son champ se partage également entre les domaines métalumineux et peralumineux, mais il est cette fois nettement centré sur le second. En outre, les faibles valeurs de FeO^* , MgO et TiO_2 le rapprochent des leucogranites à deux micas. Les rapports normatifs entre quartz, orthose et albite sont proches des domaines des eutectiques. Ces caractéristiques sont celles des associations alumino-potassiques.

Granodiorite de Saint-Didier

La diorite-granodiorite de Saint-Didier suit, dans le diagramme de Debon et Lefort (1983), une lignée parallèle à celle du granite de Luzy, mais à caractère nettement cafémique (fig. 9). Les diagrammes de H. de La Roche *et al.*,

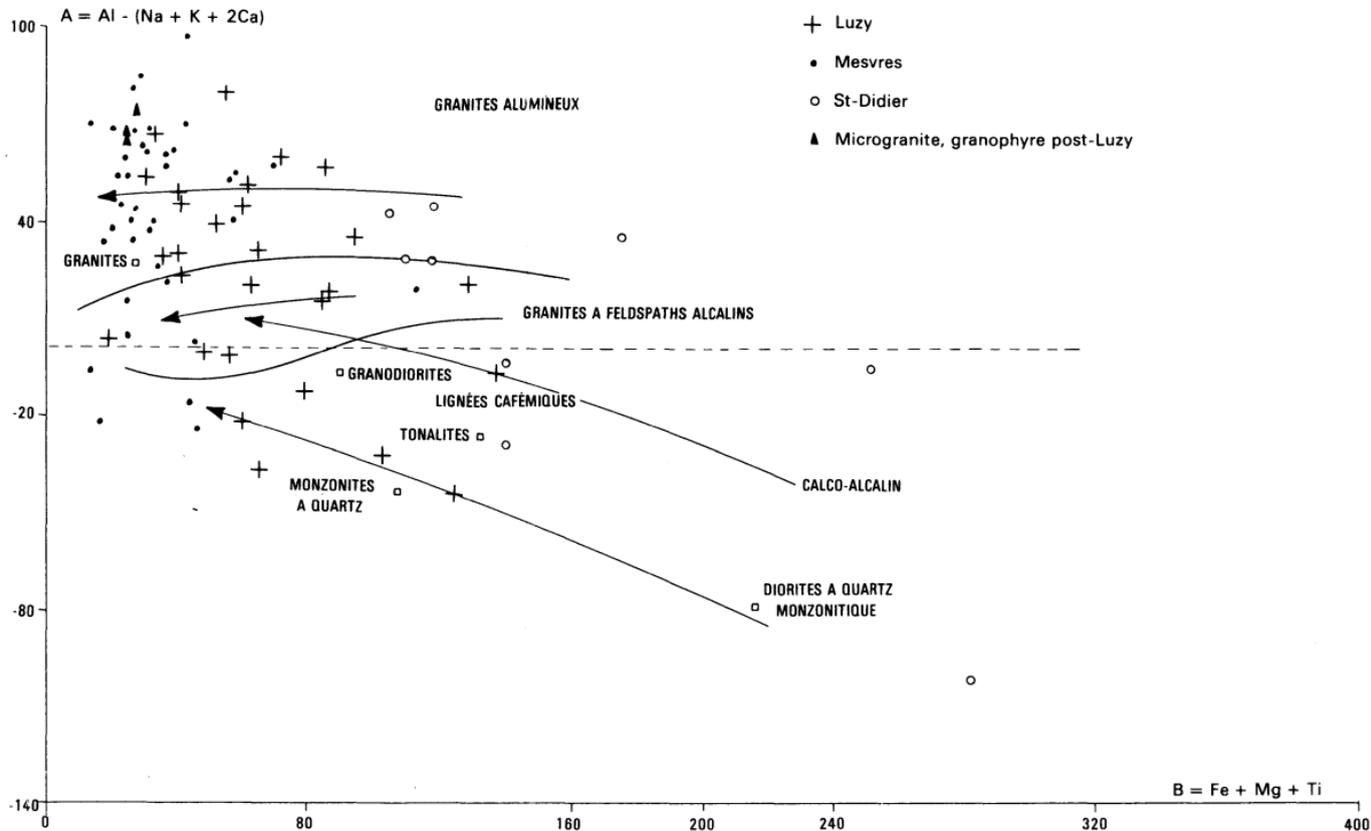


Fig. 9 - Position des diverses granitoïdes sur le diagramme AB
 (d'après de La Roche, 1964; Debon et Le Fort, 1983)

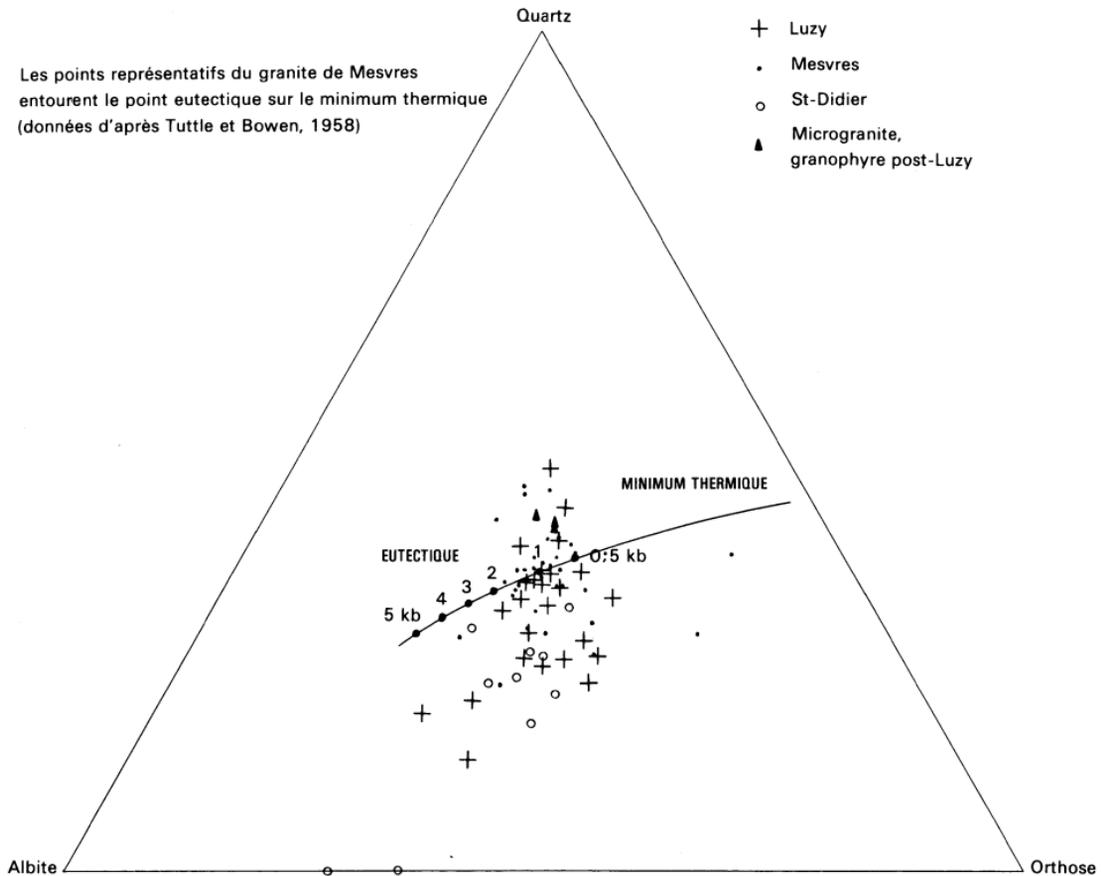


Fig. 10 - Diagramme Quartz-Albite-Orthose

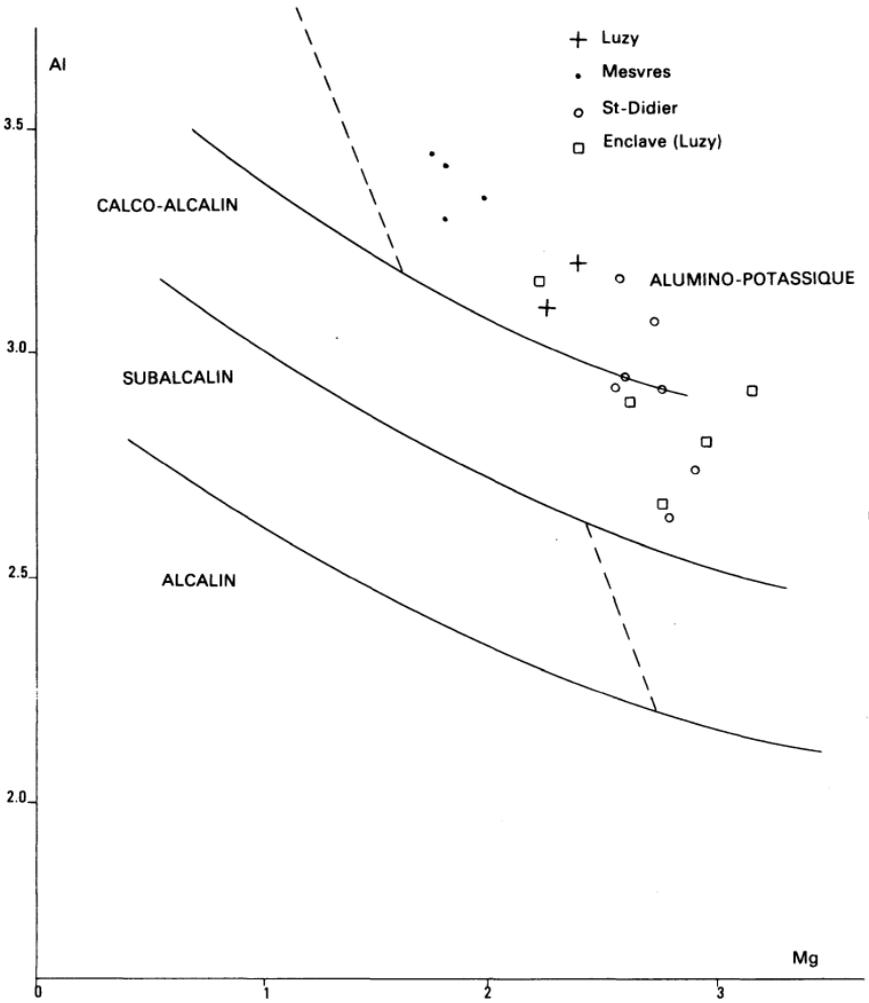


Fig. 11 - Position des biotites primaires des granites du batholite de Luzy sur le diagramme Al-Mg (Nachit *et al.*, 1985)

(1980 b) confirment ce point et permettent d'envisager une relation entre les deux magmatismes.

Relations et source magmatique

Le granite de Mesvres, par son caractère alumino-potassique et sa proximité aux eutectiques de faible pression (fig. 10, d'après Tuttle et Bowen, 1958) suggère une origine principalement anatectique crustale.

Les magmas de Luzy et de Saint-Didier présentent une possible relation génétique et une nette parenté mantellique, à nuancer pour Luzy d'apports crustaux non négligeables. L'absence de datations fiables et de données isotopiques de strontium, limite toutefois ici les possibilités d'interprétations.

Le granite de Luzy montre, par sa composition chimique, une ambiguïté entre le type subalcalin monzonitique magnésio-potassique et le type calco-alcalin (type Corse). L'association avec la granodiorite de Saint-Didier le rapprocherait de ce dernier type. La composition des biotites du granite de Luzy, notamment, est intermédiaire entre un pôle calco-alcalin (Saint-Didier) et un pôle alumino-potassique (Mesvres) (fig. 11, d'après Nachit *et al.*, 1985).

ROCHES FILONIENNES

$\mu\gamma$. **Microgranite indifférencié.** Dans le domaine volcano-sédimentaire, les filons de microgranite, omniprésents à travers les formations dinantiennes, ont tendance à se concentrer en faisceaux orientés NE-SW dans le domaine occupé par les volcanites du Viséen supérieur.

Résistant assez bien à l'altération météorique, ils donnent en abondance des éboulis et des blocs qui masquent la part revenant aux roches encaissantes. La puissance des filons varie de quelques décimètres à plusieurs dizaines de mètres.

Les failles ont tronçonné les filons en nombreux segments, rendant difficile l'estimation de leurs longueurs et par là leur mode de mise en place qui semble s'être faite sous forme de filons lenticulaires, relativement courts et disposés en échelons le long des zones de tension.

Les microgranites sont généralement rouges, rose violacé, mais aussi grisâtres ; assez largement porphyriques, les phénocristaux de plagioclase et de feldspath potassique atteignent ordinairement 2 à 3 cm (exceptionnellement 8 cm), les phénocristaux de quartz n'excèdent pas 1 cm. La biotite est également en phénocristaux de quelques mm, presque toujours transformée en chlorite, minéraux opaques et leucoxène.

A proximité du granite, comme par exemple au Sud-Est de Saint-Prix ou au Nord du mont Beuvray, le métamorphisme thermique se manifeste de la même façon que dans les tufs soudés, par la recristallisation des biotites chloritisées en agrégats de fines lamelles de biotite rouge. Le fond est fine-

ment grenu, microlitique ou micrographique et riche en feldspath potassique.

Les filons de microgranites présentent deux types de contact suivant qu'ils appartiennent ou non au même cycle éruptif que les tufs soudés encaissants :

- soit un passage progressif, difficile à tracer, entre le faciès porphyrique rose violacé habituel qui se fond graduellement vers le tuf soudé gris-vert par disparition des phénocristaux ;
- soit un contact net et tranché avec le tuf encaissant. Dans ce cas, le filon possède une éponte aphyrique et finement rubanée, épaisse de plusieurs dm (faciès « rhyolitique »), passant assez rapidement à la roche porphyrique.

Dans le domaine granitique, le réseau filonien de microgranite est relativement peu important. Les filons restent d'un âge plus incertain, mais présentent souvent les mêmes faciès pétrographiques que ceux rapportés à l'activité magmatique du Viséen supérieur. Ils montrent un caractère porphyrique plus ou moins prononcé (feldspath potassique, quartz) dans un fond subaphyrique rose à rouge violacé.

$\mu\gamma^1$. **Microgranite granophyrique.** Le contact entre le granite de Luzy et les terrains dinantiens est fréquemment envahi par des lames de *granophyre rose*. Ces intrusions ont des épaisseurs très variables et peuvent atteindre quelques centaines de mètres.

Le granophyre a des contacts irréguliers mais très tranchés avec l'encaissant, formant des veines et des apophyses de plusieurs mètres de puissance où la roche est soit à grain fin, soit pegmatitique.

A l'intérieur du domaine volcano-sédimentaire, mais à peu de distance du granite, des grands filons de granophyre, de quelques décimètres d'épaisseur, s'étendent plus ou moins parallèlement à la bordure du granite. Leurs longueurs peuvent atteindre quelques kilomètres.

Quel que soit le type d'intrusion, lame ou filon, et le terrain encaissant, le granophyre présente la même texture porphyrique et granophyrique. Les phénocristaux subautomorphes de quartz et d'oligoclase sont auréolés de fines associations symplectiques de quartz et de feldspaths ; les feldspaths potassiques sont généralement pœcilitiques, xénomorphes et maclés Carlsbad. Le fond micrographique est plus ou moins largement cristallisé, parfois avec des sphérolites quartzo-feldspathiques en abondance. La biotite en phénocristaux est décolorée ou chloritisée même dans la zone de métamorphisme thermique du granite de Luzy, témoignant de la mise en place postérieure des granophyres. Enfin, la muscovite est présente ou abondante en lamelles et en gerbes.

Plus récents que les granites namuro-westphaliens, les granophyres roses annonceront les intrusions subvolcaniques qui accompagnent les épanchements ignimbriques du Stéphanien B et C et de l'Autunien du bassin de Montreuillon (Carpena *et al.*, 1984).

μη. Microdiorite, microdiorite quartzique, microtonalite. Ces roches filoniennes sont généralement de tendance porphyrique, à biotite chloritisée et parfois à amphibole.

v. Lamprophyre. Les filons de lamprophyre, facilement altérables, ne sont visibles que dans les entailles artificielles et sont probablement plus abondants que ceux reportés sur la carte géologique. Ils recoupent aussi bien les formations dinantiennes que les granites et les granophyres roses, suivant des directions le plus souvent subméridiennes. Ils peuvent atteindre quelques mètres de puissance.

La composition minéralogique varie peu, avec de la biotite rouge dans un fond de feldspath potassique pœcilitique, oligoclase et quartz, contenant des petits phénocristaux de clinopyroxène entièrement chloritisé. La roche est souvent envahie de carbonates secondaires.

Q. Quartz. Mis en place lors de la distension du Lias—Jurassique moyen (Baubron *et al.*, 1980 ; Valette, 1983), les filons de quartz recoupent toutes les formations volcano-sédimentaires et éruptives ; ils sont donc contemporains des filons et des silicifications qui affectent les sédiments mésozoïques de la bordure du Morvan.

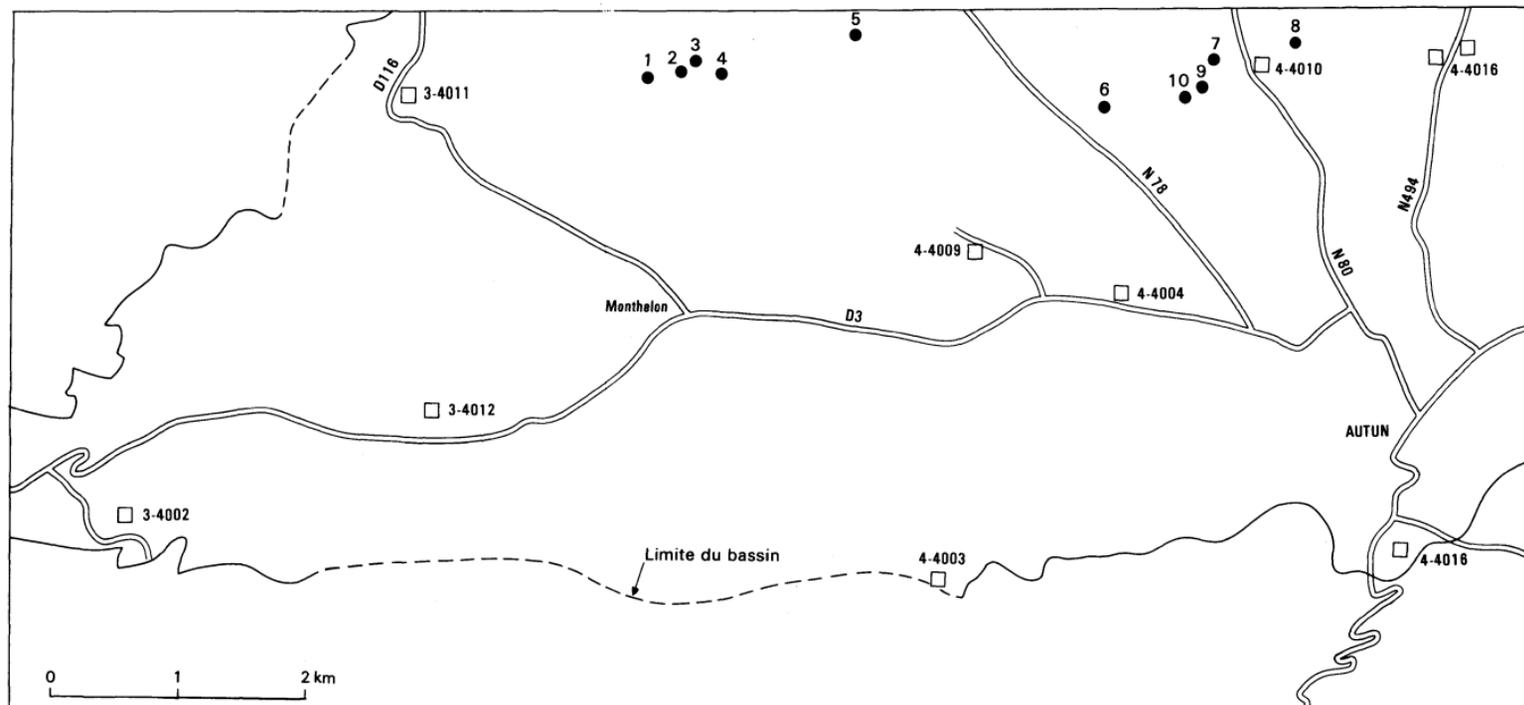
Ces filons sont particulièrement abondants dans le Dévono-Dinantien où ils ont quelques décimètres à plusieurs mètres de puissance et s'allongent sur des centaines de mètres, parfois quelques kilomètres. Ils sont en majorité orientés N 40°-60° E, subverticaux, mais prennent localement une direction subméridienne.

Dans une bande de terrain de plusieurs kilomètres de large, orientée NE-SW et qui va des environs de Sémelay (feuille Fours) à ceux de Saint-Prix, les filons de quartz blanc sont plus abondants, puissants et parfois groupés. Cette bande de terrain coïncide avec le passage du grand linéament de La Machine—La Serre (Gélard, 1978), qui se traduit dans la traversée de cette partie du faisceau par une teinte plus claire sur les images photo-satellite, due très probablement à la présence des filons de quartz et aux nombreux éboulis qu'ils donnent.

Ces filons de quartz se sont formés à basse température et sont généralement stériles, à structure massive, bréchiq ue et géodique.

FORMATIONS PERMIENNES

Divers sondages de reconnaissance et travaux miniers (voir plan de situation des principaux ouvrages souterrains du bassin d'Autun, fig. 12), réalisés dans le cadre de la recherche de charbon ou de schistes bitumineux, ont fourni de nombreuses coupes partielles permettant l'établissement d'une échelle stratigraphique. La succession des dépôts et leurs principaux caractères sont résumés sur la coupe stratigraphique du Carbonifère et du Permien du bassin d'Autun et d'Épinac, située en marge de la carte.



Sondages

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 = S. Ruet 6 (82 m) | 6 = S. 73 (161,90 m), 1942 |
| 2 = S. Ruet 5 (67,50 m) | 7 = S. 68 (255 m), 1941 |
| 3 = S. Ruet 7 (88,50 m) | 8 = S. des Chaumottes (85 m) |
| 4 = S. Ruet 4 (62 m) | 9 = S. 3C |
| 5 = S. des Boiteaux (226 m), 1914 | 10 = S. 6C |

Puits

- | | |
|---|--|
| 3-4011 = Puits de Cortecloux | 4-4004 = Puits de la Verrerie (135 m), 1857 |
| 3-4012 = Puits des Beaujards (95 m), 1879 | 4-4003 = Puits d'Ornay (75 m), avant 1857 |
| 3-4002 = Recherches de Vauteau, 1857 | 4-4010 = Puits d'Alligny (110 m) |
| 4-4009 = Puits de Margenne | 4-4016 = Puits des Cours (32 m), 2 puits;
puits Saint-Blaise (88 m), 1838 |

Fig. 12 - Plan de situation des principaux ouvrages souterrains du bassin d'Autun

r_{1a} ; r_{1b}. **Autunien**. Le Permien inférieur ou Autunien est constitué par des alternances de schistes, grès et arkoses, de teinte noire ou foncée. Ce faciès diffère peu de celui du terrain houiller d'âge stéphanien du même bassin. Mais il présente souvent des bancs carbonatés qui tranchent sur les dépôts schisto-charbonneux. Il est surtout caractérisé par la fréquence des « schistes bitumineux », riches en écailles de poissons, qui sont sédimentologiquement des argilites carbonées. Il s'y intercale des « gores blancs » qui sont des bancs de tufs cinéritiques.

D'une façon générale, les schistes bitumineux sont de plus en plus fréquents en montant dans la série. On distingue un Autunien inférieur et un Autunien supérieur ; ceux-ci sont séparés par la « Grande couche » de schistes bitumineux des Télots et ses prolongements qui fournissent un repère géométrique commode. Un niveau remarquable, dans la partie tout à fait supérieure, est la couche de boghead de Margenne.

Par variation latérale, l'**Autunien inférieur** (r_{1a}) est représenté, à sa base et sur les bords du bassin, par un faciès littoral où dominent des arkoses grossières et des conglomérats, sans schistes bitumineux, mais avec quelques dépôts charbonneux.

L'**Autunien supérieur** (r_{1b}) est bien caractérisé par la flore recueillie surtout dans les déblais de l'ancienne mine de Margenne ; elle est composée de nombreuses variétés de *Callipteris* et de *Walchia*, dont *Walchia imbricata* et *Walchia taxinoides*, formes inconnues plus bas dans la série. La faune est représentée par *Estheria tenella*, *Amblypterus reussi*, et par de nombreux autres poissons paleoniscidés.

FORMATIONS SECONDAIRES

Trias

t_G. **Trias gréseux. Grès feldspathiques fins**. Le Trias gréseux du plateau d'Antully (développé sur la feuille voisine Le Creusot) se prolonge dans la partie nord-est de la feuille Autun. Il s'agit de grès feldspathiques fins à stratification horizontale. A l'extrémité nord du bois des Igaux, Le Châlet, on observe le contact avec le socle granitique sous la forme de niveau bréchi-que contenant des fragments anguleux.

t₉. **Rhétien. Grès, galets d'argilites noires, calcaires argileux**. Le Rhétien n'affleure plus aujourd'hui sur la feuille Autun. On en rencontre encore quelques témoins épars dans les cultures, autour de La Longine, sous forme de blocs de grès à empreintes de végétaux (*Calamites*,...), de galets d'argilites noires, et de calcaire argileux gris et brun dont le faciès est celui d'une micrite avec des passées de biopelmicrite, riche en débris de gastéropodes et de bivalves.

Lias

l1-4. **Hettangien—Sinémurien indifférenciés.** Les formations calcaires représentant ces deux étages ont fait l'objet d'une exploitation intense comme pierre à chaux, en sorte qu'il n'en reste plus guère aujourd'hui que des fantômes sous forme de reliefs tourmentés en creux. Dans ces conditions, les deux étages ne peuvent être séparés cartographiquement ; cette représentation avait déjà été adoptée par les auteurs des deux premières éditions de la feuille Autun à 1/80 000.

● **Hettangien.** Il comprend, de bas en haut, des calcaires blanchâtres fossilifères, surmontés de calcaires bleu grisâtre à microfaciès de biomicrosparite, renfermant de nombreux *Pecten valonensis*. En 1876, E. Pellat signala sur la feuille, la présence de cet « Infralias » à Guenan, dans une petite carrière, déjà alors presque comblée. Il y récolta une riche faune de gastéropodes et de bivalves, ainsi que des ammonites dont *Schlotheimia angulata*, attestant la présence de la zone supérieure de l'étage. Néanmoins on ne peut affirmer l'absence ici des zones inférieures de l'Hettangien, selon les propos mêmes de E. Pellat.

● **Sinémurien.** Il est présent sous son faciès classique de calcaires à gryphées. Les dalles, qui affleurent encore au Sud de Corcelles, sont couvertes de *Gryphea arcuata* accompagnées de crinoïdes (*Isocrinus tuberculatus*). Le microfaciès est celui d'une biomicrosparite assez riche en débris de crinoïdes et de bivalves. Les foraminifères (*Spirillina* sp.) ne sont pas rares et témoignent d'un milieu marin peu profond.

FORMATIONS ALLUVIALES ET DÉPÔTS QUATERNAIRES ASSOCIÉS

Dans la dépression topographique que constitue le bassin d'Autun, l'érosion quaternaire a implanté son réseau hydrographique suivant des directions rayonnantes (la Selle, le Ternin, la Drée, la Canche, le Méchet) convergeant vers l'Arroux, seul exutoire du bassin. Il semble que la disposition des vallées ait été influencée par la fracturation affectant le bassin permien.

Le levé de terrain et les coupes de sondages ont permis de dégager un certain nombre d'unités lithologiques.

Une couverture superficielle limono-argilo-sableuse, en place ou colluvionnée, épaisse de quelques dm à 1 ou 2 m et recouvrant l'ensemble des points bas et les surfaces subhorizontales du bassin, rend malaisé l'observation des matériaux sous-jacents. Ceux-ci peuvent appartenir à des dépôts d'âge et de nature très différents : alluvions torrentielles, schistes permien. Un couvert végétal à dominante de prairies et de bois n'a pas permis la distinction des différents types de limons. Sur le plan cartographique, ils ont été intégrés aux formations alluviales qui les supportent le plus souvent.

Fy-z. **Alluvions actuelles et subactuelles non différenciées.** Une basse plaine alluviale, large de 1 à 2 km, borde les cours de la Drée, de la Canche et

du Mesvrin, affluents gauches de l'Arroux ; du Trévoux, du Ternin, de la Selle et du Méchet, affluents de la rive droite.

Il est malaisé de distinguer nettement les alluvions récentes et les alluvions basses plus anciennes (Fy) compte tenu de la faible dénivelée (1 m à 1,5 m tout au plus) qui les sépare localement. Ces alluvions non différenciées portent la notation Fy-z.

Les alluvions Fy-z sont très mal connues sur l'ensemble du bassin, faute de coupes. Cependant, quelques sondages donnent une idée de l'épaisseur du remblaiement des fonds de vallées. L'ensemble est recouvert de limons argilo-sableux quartzo-feldspathiques (limons de débordement) surmontant des matériaux grossiers alluviaux : sables, graviers et galets.

Dans *la vallée de la Selle*, un sondage réalisé dans la partie amont des alluvions ($x = 739,85$; $y = 224,88$; $z = 342$ m – feuille Lucenay-l'Évêque) a traversé 0,30 m de limons sableux surmontant 1,9 m de sables à graviers et galets (atteignant 50 cm dans leur plus grande dimension) reposant sur le substratum.

En aval, près de Monthelon, un autre sondage a traversé 4,70 m d'alluvions dont 2,20 m de limons argilo-sableux et 2,50 m de sable moyen à grossier à galets (taille 20 cm) reposant sur le substratum. Parmi les éléments détritiques rencontrés, les galets de granite sont nettement dominants, associés à quelques galets de quartzite et plus rarement de rhyodacite.

Dans *la vallée de l'Arroux*, entre Cordesse et Surmoulin (feuille Épinac-les-Mines), plusieurs sondages effectués pour la reconnaissance des schistes bitumineux atteignent ceux-ci sous un recouvrement alluvial compris entre 2,5 m et 7 m, dont la composition va des sables grossiers quartzo-feldspathiques micacés à passées argileuses, aux couches de graviers à galets décimétriques de quartz, silice fauve à patine noire (chaille), tufs et grès.

Dans *la vallée de la Drée*, près de Dracy-Saint-Loup, on relève 2,50 à 3,25 m de remplissage alluvial sur un substratum de schistes (feuille Épinac-les-Mines).

En *rive gauche du Ternin*, à La Levrotte ($x = 745,575$; $y = 223,800$; $z = 302$ m – feuille Lucenay-l'Évêque), le substratum schisteux a été atteint sous 4 m d'alluvions. On remarque ainsi que l'épaisseur du remblaiement varie de 2,5 à 7 m environ.

La faible épaisseur des alluvions est soulignée par la présence de seuils rocheux, comme par exemple dans la vallée du Ternin au pont Renaud (feuille Lucenay-l'Évêque) où la rivière coule directement sur les schistes et les grès conglomératiques, de même qu'à Surmoulin (feuille Épinac-les-Mines) où le lit vif de l'Arroux entaille directement les schistes.

Aux environs d'Étang-sur-Arroux et à Saint-Nizier-sur-Arroux, le granite, érodé en « boules », encombre le lit de la rivière.

Nettement rectiligne suivant l'orientation NE-SW et plus large dans sa traversée du bassin permien d'Autun que dans celle du domaine granitique, la plaine alluviale de l'Arroux correspondant à la nappe Fy-z, s'abaisse de

l'altitude de 300 m immédiatement au Nord d'Autun à l'altitude 270 m à Saint-Nizier-sur-Arroux, soit une pente d'environ 0,12 %.

Dans la vallée du Mesvrin, la surface de cette nappe alluviale montre une pente de 0,18 %.

Fx. Dépôts fluviaux et torrentiels. Dans chaque vallée, une large plaine alluviale supporte des matériaux fins à très grossiers, répartis sur des surfaces en glacis qui dominent la basse nappe Fy-z de quelques mètres à 10-15 m. Cette « terrasse en glacis » est disséquée par de nombreux ruisseaux qui se raccordent au niveau de base des alluvions récentes. Ces mêmes affluents, au cours généralement perpendiculaire à l'axe de la rivière principale, sont à l'origine des dépôts étagés sous forme de cônes torrentiels. Ils constituent les apports latéraux qui se raccordent à ceux de la plaine alluviale Fx où le transport longitudinal l'emporte, d'où cette morphologie particulière de « terrasse-glacis ».

On remarque que les dépôts de ces cônes latéraux, façonnés en terrasse par l'action du transport longitudinal, sont principalement développés sur une seule rive de la vallée principale. Ceci démontre que l'énergie liée à l'avancée de ces cônes a constamment repoussé et fait migrer le cours principal, d'où l'existence de terrasses en glacis à pente latérale relativement forte : 2 à 2,5 % dans les vallées de la Drée et de la Canche (hors carte) et 1 à 1,5 % pour l'Arroux.

L'irrégularité structurale consécutive à la genèse de tels dépôts se traduit par des variations rapides dans les épaisseurs. Les galets mal roulés, parfois hétérométriques, admettant peu ou pas de matrice au débouché des zones escarpées, évoquent bien le dépôt torrentiel. Dans la partie aval du profil longitudinal de chaque rivière, les galets sont mieux façonnés et de taille plus réduite.

● **Vallée du Mesvrin.** En rive droite du Mesvrin, à l'Est de Broye, les galets et blocailles de quartz, granite, gneiss et grès atteignent 40 cm. Aux environs de Mesvres, la taille de ces galets ne dépasse pas 10 à 15 cm et ils sont emballés dans une matrice de sables grossiers rougeâtres, quartzo-feldspathiques et plus ou moins argileux. Vers la confluence avec l'Arroux, un limon ayant 1,5 m d'épaisseur recouvre, en position de plateau, cette unité grossière dont la puissance est supérieure à 1,50 m.

La surface de cette nappe montre une pente de 0,18 % entre l'altitude de 301 m en amont, aux Grands-Chaumes, et celle de 283 m au confluent du Mesvrin et de l'Arroux.

● **Vallée de l'Arroux.** Comme dans toutes les vallées, le substratum n'apparaît que rarement sous la couverture alluviale Fx, excepté dans la partie nord-ouest d'Autun (aérodrome de Bellevue) où l'on peut fréquemment observer les schistes sous un faible recouvrement de 1 à 2 m tout au plus.

Ce recouvrement est généralement représenté par des matériaux grossiers à la base, des sables, graviers et galets emballés dans une matrice quartzo-feldspathique, que surmontent, en position de plateau, des limons

ocre jaunâtre ou rougeâtre ; l'ensemble de cette unité ne développe que quelques mètres de puissance.

Constitués de roches volcano-sédimentaires, quartz, granite, gneiss, grès et chailles, les galets atteignent 20 cm ; ils peuvent être associés localement à des blocailles de même nature et dépourvus de matrice (environs de Margenne).

La surface de cette nappe s'abaisse de 300 m au Nord d'Autun à 270 m à Saint-Nizier-sur-Arroux, soit une pente d'environ 0,12 %.

● **Vallées du Ternin, de la Selle et du Méchet.** Appartenant au bassin d'Autun, chacune des nappes Fx de ces trois vallées parallèles entre elles, se raccorde à celle, perpendiculaire, de l'Arroux. La nature des terrains permien, plus tendres que le socle granitique, est à l'origine d'un étalement plus vaste de chaque nappe.

Le cortège des galets est largement emprunté à celui des conglomérats permien qui sont remaniés et enrichis de tufs viséens et de quartz. Un limon rougeâtre et compact, pouvant atteindre 3 m d'épaisseur, surmonte la formation à galets dont la puissance est supposée être de quelques mètres.

FL. Dépôts fluvio-lacustres, fluviaux et torrentiels. Cette formation inscrit ses limites à l'intérieur du bassin permo-carbonifère d'Autun—Épinac. Elle empêche le plus souvent toute observation directe du substratum. L'irrégularité structurale du plancher sur lequel elle s'est mise en place, se traduit par des grandes variations d'épaisseur, excepté dans la partie nord et nord-ouest d'Autun (Grand-Millery sur la feuille Lucenay-l'Évêque, environs des étangs Crevé et Pénuria au Nord-Ouest de Margenne) où l'on peut fréquemment observer les schistes soit à l'affleurement, soit sous un faible recouvrement. En relation avec la surface FL, il existe des dépôts constituant des paléochenaux ravinant les schistes.

Les sondages exécutés à l'aplomb des bois de la Vieille-Vente (Sud-Ouest de Saint-Forgeot, carte Lucenay-l'Évêque) montrent que le remblaiement atteint parfois 20 m de puissance, représenté à la base par des sables, graviers et galets sur 4 à 10 m, surmontés par des argiles parfois sableuses, des silts et des sables quartzo-feldspathiques micacés plus ou moins argileux.

Le terme inférieur, grossier, est représenté par des galets de 10 cm (taille maximum reconnue en sondage) de silex fauve à patine noire (chailles), de quartz, de grès et de roches volcano-sédimentaires. L'eau est partout présente dans ce cailloutis.

Le terme supérieur, à dominante fine, traduit l'existence temporaire d'un domaine fluvio-lacustre.

L'avancée conjuguée, dans le bassin, des « cônes alluviaux » du Ternin, de la Selle et du Méchet, ont pu momentanément freiner la dynamique de la vallée de l'Arroux, seul exutoire au Sud-Ouest du bassin, et permettre ainsi l'accumulation de sédiments argileux dont l'existence n'est matérialisée qu'en amont d'Autun. Cependant, les figures de sédimentation, ainsi que la rareté des teintes réductrices montrées par ces dépôts, indiquent que l'écoulement est demeuré permanent.

Mêlés au limon superficiel, ces matériaux ont alimenté un certain nombre de tuileries, notamment à Épinac-les-Mines, à Saint-Symphorien (Nord-Est d'Autun) et à Saint-Pantaléon.

L'ancienne carte géologique à 1/80 000 attribuait ces dépôts au Mio-Pliocène. A ce jour, aucun élément de datation ne paraît disponible à l'intérieur des limites du bassin. A titre d'hypothèse, il est permis de supposer que la jeunesse et la vigueur des reliefs dans les zones escarpées environnant le bassin, tendraient à les rapporter au Quaternaire.

C. Colluvions des fonds de vallons. Des colluvions limono-argilo-sableuses, parfois caillouteuses, emplissent les fonds des vallons. Leur mise en place s'effectue à partir des remaniements sur les versants sous l'action du ruissellement et peut-être accessoirement de la solifluxion. Généralement, les colluvions des têtes des vallons sont essentiellement limoneuses et elles se chargent en galets et blocailles lorsque le vallon s'approfondit et qu'il recoupe les matériaux des terrasses ou des cônes alluviaux.

Les colluvions passent insensiblement aux alluvions Fy-z, aussi la délimitations de C et Fy-z est-elle arbitraire, même si elle s'appuie le plus souvent sur des traits morphologiques tel que le passage du fond en forme de berceau au fond plat. Leur épaisseur n'est pas reconnue mais il est raisonnable de penser qu'elle puisse atteindre un ou plusieurs mètres.

Leur mise en place est contemporaine de celle des reliefs quaternaires. Elle se poursuit encore actuellement bien que, du fait de l'abondance des prairies, l'érosion anthropique soit aujourd'hui très diminuée.

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

PLISSEMENTS

Les gneiss antédévonien sont nettement foliés et possèdent localement des plis centimétriques à décimétriques postfoliaux. Ces roches sont broyées et il s'agit le plus souvent de protomylonites, roches présentant une structure de flux avec apparition de nouveaux minéraux et un début de recristallisation.

Les terrains du Dinantien inférieur sont situés dans le prolongement de la grande structure anticlinale qui occupe la partie centrale du faisceau du Morvan (*cf.* schéma structural). Ces terrains s'ennoient progressivement sous ceux du Viséen supérieur et l'ensemble, plissé suivant une direction générale NE-SW lors de la phase orogénique sudète, est recoupé par les granites namuro-wetsphaliens.

La fracturation tardihercynienne et ses rejeux ultérieurs ont morcelé en plusieurs tronçons les structures plissées. Les directions observées dans les stratifications des roches sédimentaires, autres que la direction NE-SW, sont dues à des déplacements et des rotations dans des compartiments situés à proximité d'accidents cassants d'âges tardi-à posthercyniens.

Les plis majeurs d'ordre kilométrique ne sont perceptibles que par la succession stratigraphique des terrains et l'orientation générale des couches géologiques. Ce sont de grandes ondulations à plan axial vertical où les pendages varient de 10° à la verticale.

Les plis mineurs, plurihectométriques à plurimétriques, sont perçus surtout par les orientations et les pendages des sédiments finement stratifiés, telles que les alternances de lithologies différentes ou les siltites à fines laminations.

Les rares charnières d'axes de plis observées plongent modérément de 0 à 30° vers le Nord. Ce type de structure coïncide avec l'ennoyage progressif des terrains du Sud vers le Nord.

On peut ainsi suivre la terminaison synclinale de l'unité volcanique s'étendant de Toulour à Petiton et celle du synclinal de volcanites du mont Beuvray.

C'est à la jonction des deux axes anticlinaux jalonnés par l'unité sédimentaire qu'apparaissent les terrains les plus anciens, Dévonien supérieur et Strunien, au Sud et au Sud-Ouest du Puits.

Les terrains du Viséen supérieur de l'unité de Chiddes sont disposés suivant un synclinal qui se ferme au niveau du Haut-de-l'Arche. Cette fermeture, qui va à l'encontre du plongement général des couches dinantiennes, pourrait résulter des mouvements épirogéniques de la phase intraviséenne. La structure du complexe d'Onlay, qui occupe toute la partie nord du domaine volcano-sédimentaire, n'a pu être analysée par manque de repères stratigraphiques ; c'est probablement un synclinal affecté de nombreux replis.

FRACTURATION

Les terrains dévono-dinantiens et les granitoïdes du Carbonifère supérieur ont subi une forte fracturation qui se manifeste à divers niveaux d'observation.

A l'échelle de l'affleurement, les diaclases espacées de quelques cm à quelques dm et les petites failles se répartissent suivant cinq plans principaux :

- D = N 130° - 160° E, P = 90° à 70° N
- D = N 100° - 110° E, P = 90°
- D = N 60° - 90° E, P = 90°
- D = N 35° - 50° E, P = 90°
- D = N 15° E, P = 80° E

Le découpage du relief, marqué de façon vigoureuse dans le domaine volcano-sédimentaire par des thalwegs étroits et par le cours en ligne brisée des rivières, se fait suivant deux directions principales N 110° - 130° E et N 60° - 70° E, auxquelles s'ajoutent, plus localement, une direction subméridienne N 170° - 10° E. Ces dépressions du relief sont dues au passage des failles

accompagnées de roches cataclasées parfois visibles jusque sur les flancs des vallons, et de rejets des unités lithologiques.

Du point de vue chronologique, ce système de fractures résulte d'épisodes tectoniques qui se sont succédés du Carbonifère supérieur jusqu'à une époque récente.

Il n'a pas été possible de déceler les structures locales liées à l'activité volcanique du Tournaisien au Viséen supérieur. On note cependant, pour ce dernier, la coïncidence entre l'extension suivant la direction N 60°-70° E du domaine occupé par les tufs rhyodacitiques et l'allongement des intrusions subvolcaniques de granophyres et de microgranites, suggérant une distension NNW-SSE contemporaine du volcanisme.

La fracturation tardihercynienne se décompose en trois épisodes tectoniques qui ont contrôlé la formation et la sédimentation des bassins stéphanopériens (Bonijoly et Castaing, 1984) :

- compression N-S du Westphalien supérieur au Stéphanien B inférieur, engendrant des décrochements dextres N 10°-50°, senestres N 140°-170° E et des failles inverses N 80°-120° E ;
- compression NW-SE du Stéphanien B inférieur au Stéphanien C supérieur, engendrant des décrochements dextres N 120° E et senestres N 160°-180° E ;
- compression E-W au Stéphanien C moyen, avec décrochements dextres N 60°-80° E, senestres N 90°-140° E et des failles inverses N 160° à 10° E.

On retrouve ces directions dans celles des diaclases et des failles affectant les formations dinantiennes, ainsi que dans celles des kinks fréquemment associés aux diaclases dans les siltites, dont deux plans verticaux sont orientés N 70° E et N 130° E, le troisième étant subhorizontal.

Une tectonique active créant une distension N-S contrôle l'aire de la sédimentation autunienne et plus particulièrement le rejeu en faille normale d'un grand accident E-W qui avait fonctionné auparavant en décrochement : la faille d'Autun qui borde le bassin au Sud. C'est le long de cette faille que se produit l'affaissement maximum (Marteau, 1983).

La structure synclinale dissymétrique se traduit sur la bordure sud par des dépôts détritiques grossiers à fort pendage vers le Nord, alors que dans la partie nord les pendages sont faiblement inclinés vers le Sud. Ainsi, l'axe du synclinal, orienté N 80° E, se trouve assez proche de la bordure sud et de la faille d'Autun qui a la même direction et avec laquelle il est parfois confondu.

Le bassin d'Autun, situé à l'écart des grandes fractures du Massif central comme celles qui, non loin de là, ont déterminé le Sillon houiller de Bert-Blanzay, paraît avoir subi une histoire tectonique plus calme. Après le dépôt de l'Autunien, sa subsidence était achevée et il s'est figé. Son comblement s'est arrêté et il n'a pas conservé de molasses saxoniennes.

En définitive, le bassin d'Autun, tel que nous le voyons aujourd'hui, est peu différent de ce qu'il était à l'époque permienne.

L'étude géologique du gisement de fluorine d'Argentolle et des conditions structurales de dépôt, a permis de dresser la chronologie de la fractura-

tion mésozoïque et cénozoïque dans les terrains dinantiens environnants (Valette, 1983) ;

– la distension NW-SE, active du Lias au Jurassique moyen, réactive en failles normales les accidents N 60°-90° E et N 140°-160° E ;

– la compression N-S à NE-SW, pyrénéenne, fait jouer les failles anciennes N 50°-70° E en décrochements dextres, et celles N 30° E en décrochements senestres ;

– la distension ENE-WSW, Éocène – Oligocène, reprend en faille normale les accidents N 140°-160° E ;

– la compression NW-SE, alpine, est peu marquée, réactivant les mêmes accidents N 140°-170° E.

MAGMATISME

L'évolution tectonique de la chaîne hercynienne a entretenu une activité magmatique dont la nature et la répartition dans le temps et l'espace sont soumises aux contraintes tectoniques et à leurs variations.

D'abord de faible ampleur au Dévonien supérieur et au Tournaisien, les venues magmatiques prennent de l'importance au Viséen supérieur, pour atteindre leur paroxysme avec les granites namuro-westphaliens, puis décroître au Carbonifère supérieur–Permien inférieur.

Chacune des phases magmatiques possède des caractères géochimiques propres qui reflètent les divers stades de l'évolution orogénique. Le seul trait commun serait représenté par le degré plus ou moins poussé de contamination crustale qu'ont subi les magmas lors de leur ascension.

Au Dévonien supérieur, le volcanisme calco-alcalin, à affinité tholéiitique, témoigne d'un environnement de bassin d'arrière-arc et d'un régime de compression ponctué de quelques phases distensives (Lemière, 1983 ; Delfour *et al.*, 1984). L'alignement N-S des massifs volcaniques (Chizeuil, feuille Dompierre-sur-Besbre et Cressy-sur-Somme, feuille Bourbon-Lancy) indique un axe subméridien de moindre contrainte, parallèle au rift de même âge ouvert plus à l'Est sur l'axe de la série de la Brévenne et du Beaujolais (Delfour, 1989).

Au Tournaisien–Viséen inférieur, le volcanisme calco-alcalin résulte également d'un régime compressif dont l'orientation de contrainte minimale, soulignée par l'allongement des massifs volcaniques, s'infléchit en direction NE-SW.

Le volcanisme aérien rhyodacitique, subalcalin, du Viséen supérieur et son cortège d'intrusions subvolcaniques, sont issus de la fusion crustale où les roches métamorphiques antédévoniennes sont impliquées. Ce complexe volcano-plutonique se met en place dans un vaste domaine orienté ENE-WSW suivant la contrainte minimale.

La phase orogénique sudète, affectant tous les terrains jusqu'au Viséen supérieur inclus, développe une succession de plis à axe N 20° E.

On retrouve cette même direction dans l'allongement des diverses venues granitiques constituant le batholite de Luzy, qui se sont mises en place entre le soubassement métamorphique (formation de Montjeu) et la série dévono-dinantienne.

On ne dispose pas de datations isotopiques permettant de définir la chronologie des diverses venues granitiques. Globalement, les granitoïdes se situent au Namuro-Westphalien. L'hypothèse envisageant les premières intrusions dès le Dévonien supérieur (Carrat, 1987) s'appuie sur l'âge de 350Ma pour le granite d'Issy-l'Évêque (Viallette, 1973); or, cet âge, en contradiction formelle avec les observations de terrain (le granite d'Issy-l'Évêque recoupant et métamorphisant la série dévono-dinantienne plissée), n'a pas été retenu dans la dernière synthèse géochronologique sur les granitoïdes du Massif central (Duthou *et al.*, 1984).

La granodiorite de Saint-Didier, recoupée par le granite d'Uchon, paraît être la première venue, de caractère calco-alcalin et de souche mantellique; elle est moins évoluée que les granites de Luzy *s.s.*, d'Issy-l'Évêque et de Grury, magnésio-potassiques à calco-alcalins avec traces de contamination crustale.

Bien que l'on ne connaisse pas ses relations avec l'encaissant granitique, le granite alumineux de Mesvres serait la dernière venue d'origine crustale.

Le volcanisme subalcalin stéphano-permien et ses intrusions subvolcaniques restent localisés dans le bassin de Montreuillon (Carpena *et al.*, 1984). Les stocks et les filons de granophyre rencontrés au voisinage et dans la limite entre le batholite de Luzy et le Dévono-Dinantien n'en seraient que les prémices éloignées.

L'activité magmatique liée à l'orogénèse hercynienne s'éteint avec une dernière génération de filons de lamprophyre.

MÉTAMORPHISME

Métamorphisme régional

Les terrains cristallophylliens de la région de Montjeu sont affectés par un métamorphisme mésozonal avec des faciès à deux micas et des faciès à biotite seule. La sillimanite est présente dans plusieurs localités (Michel-Lévy, 1880).

L'âge de ces terrains peut être attribué au Paléozoïque inférieur sans toutefois écarter une attribution au Protérozoïque supérieur. Par analogie avec la série des monts du Lyonnais, l'âge du métamorphisme est antérieur au Dévonien supérieur (Dufour, 1980).

Métamorphisme thermique

Le métamorphisme thermique développé par l'intrusion au Namuro-Westphalien du granite de Luzy, s'exprime de façons diverses dans les séries

dévono-dinantiennes plissées antérieurement lors de la phase orogénique sudète.

Ce métamorphisme est bien visible à l'œil nu dans les siltites tachetées situées dans l'auréole proche du granite, mais il est présent plus discrètement dans beaucoup de roches de l'ensemble du faisceau. Ce phénomène est particulièrement caractéristique dans les roches volcaniques et subvolcaniques du Viséen supérieur où les fines biotites rouges forment des agrégats remplaçant les anciens phénocristaux de biotite chloritisée. Dans ce dernier cas, où les néobiotites ne sont décelables qu'au microscope, il n'est pas possible de délimiter cartographiquement les roches affectées par le métamorphisme.

La relative abondance des roches métamorphisées de cette manière suppose une extension importante du granite sous les formations volcano-sédimentaires, liée à un faible ennoyage et à des remontées locales du toit batholitique.

Dans l'auréole de contact du granite, les sédiments silteux sont ponctués de taches sombres de 1 à 2 mm, des phénoblastes de cordiérite qui se surimposent, sans les masquer, aux fines laminations. A proximité du granite, les siltites acquièrent une foliation fruste et un faciès de cornéenne caractérisé par l'abondance des fines biotites rouges et la disparition des structures sédimentaires.

Dans les conglomérats, comme par exemple à la fontaine du Paulay dans le flanc est du mont Beuvray, des aiguilles d'amphibole verte se développent dans la matrice gréseuse.

Dans les roches volcaniques basiques, basaltes et microgabbros, l'actinote, la biotite et la hornblende magnésienne sont abondantes dans la mésostase.

A proximité du granite, les laves acides ainsi que les grès et les conglomérats du Tournaisien, sont recristallisés en une association de séricite-muscovite, feldspath potassique, biotite et parfois grenat. La pyrite, disséminée dans ces roches ou dans les veinules sécantes à quartz, séricite et feldspath potassique, est fréquente et conduit, par altération météorique, à la formation de vastes zones de roches décolorées, blanches ou plus ou moins intensément rubéfiées.

La métagénèse potassique affectant plus particulièrement les volcanites acides est responsable de la dérive chimique des termes initialement dacitiques et soda-dacitiques vers un pôle trachytique. Des appellations régionales, telles que les orthophyres, ont été utilisées pour des roches dont les compositions, parfois extrêmes, ne peuvent que résulter d'altérations secondaires.

*ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE,
ALTÉRATION, PÉDOGENÈSE*

Le territoire de la feuille Autun offre un grand contraste entre les reliefs accentués du domaine volcano-sédimentaire et la région basse du bassin permien. Les granites et les formations cristallophylliennes ont un caractère plus nuancé entre la large vallée de l'Arroux et les terrains plus accidentés s'élevant à l'Est en bordure du plateau d'Antully.

La nature des matériaux et leur degré de fracturation ont joué un grand rôle dans la morphologie telle qu'elle apparaît actuellement.

Les contre-coups des orogénèses pyrénéenne et alpine, en contribuant à la formation du horst, du Morvan, ont provoqué des reprises successives d'érosion. Ces dernières ont entaillé différemment les divers compartiments du horst, laissant les quelques témoins de la pénéplaine antémésozoïque à des altitudes variées : vers 550 m pour la bordure occidentale du plateau d'Antully, mais seulement 350 m pour les lambeaux de Corcelles.

La dégradation est encore active dans les terrains à fort relief et met bien en évidence le comportement contrasté des différents matériaux et de leurs zones de dislocation sous l'action de l'érosion.

La vigueur du relief est donc liée directement à la résistance des roches à l'érosion. Les grès et les conglomérats du Dinantien, assez souvent silicifiés, s'altèrent peu. Les siltites, bien que plus tendres, offrent une résistance particulièrement marquée à l'altération météorique et apparaissent bien conservées sous un faible recouvrement de sol arable.

Les volcanites du Tournaisien — Viséen inférieur, en majorité des laves acides, forment les principaux reliefs. Le recouvrement est de faible épaisseur ou constitué d'éboulis de blocailles d'où émergent les affleurements rocheux. Peu propice aux cultures, c'est le domaine des forêts et des prairies d'élevage.

Les volcanites du Viséen supérieur s'altèrent plus facilement, bien que donnant des reliefs encore notables jonchés d'éboulis et de blocailles. Les tufs donnent des sols d'altération parfois profonds de quelques mètres, bruns à ocre, reconnaissables à l'abondance des fines paillettes de biotite.

Les filons de microgranite et surtout ceux de quartz s'accompagnant de la silicification des roches encaissantes, contribuent à la vigueur du relief, donnant des barres rocheuses imposantes (roches de Glenne).

Les granitoïdes sont recouverts d'arènes pouvant atteindre communément une dizaine de mètres sur roche saine et jusqu'à 25 m dans les zones tectonisées. Ces arènes sont très souvent en place et recèlent des blocs arrondis de roche peu altérée. La part des arènes déplacées, litées ou cryoturbées, reste faible.

Dans cette arénisation ménagée (Seddoh, 1975), la biotite, la chlorite et les plagioclases sont les minéraux qui s'altèrent le plus facilement ; le

quartz, le feldspath potassique et la muscovite restent relativement stables. Les sols acides couvrant le domaine granitique prolongent le processus d'altération observé dans les arènes.

Ces arènes, observées presque toujours en place dans une région soumise à un déblaiement notable par l'érosion, et qui ne montrent pas de relation avec les anciennes surfaces de pénéplanation, sont de formation récente. L'arénisation aurait débuté à l'interglaciaire Riss-Würm et dans des conditions climatiques proches de celles actuelles.

OCCUPATION DU SOL

Si la présence de monuments mégalithiques sur le territoire de la feuille Autun (ex. : dolmen du mont Dône) témoigne de l'activité humaine dès les temps néolithiques, c'est au sommet du mont Beuvray que la civilisation gauloise apparaît avec éclat dans la capitale des Eduens, Bibracte.

Cette ancienne cité, qui était entourée de fossés et de fortifications et s'étendait sur 135 hectares, fut retrouvée et explorée par J.G. Bulliot de 1865 à 1884.

Dans cette forteresse naturelle, les nombreux ateliers de forgerons, fondeurs et émailleurs s'approvisionnaient aux diverses mines de la région et plus particulièrement à la riche mine d'Argentolle toute proche (Bertin et Guillaumet, 1982).

Les fouilles ont été reprises au mont Beuvray en 1986, pour une durée de plusieurs années.

La conquête et la pacification romaine, en créant Autun (Augustodunum) entraînent l'abandon de Bibracte. Les voies romaines s'étendent à travers tout le pays, empruntant aussi bien les vallées que les zones montagneuses. La plupart des villages de la région possèdent des vestiges celtiques ou gallo-romains.

Au cours des siècles, le défrichement et le développement agricole se font dans les zones basses des domaines permien et granitique, tandis que les hauteurs restent consacrées à l'exploitation du bois (de flottage et de charbon de bois).

La fin du 19^e et le début du 20^e siècle connaissent une activité minière allant de l'exploitation des minerais de fer ou de plomb à celle des schistes bitumineux pour huiles et carburants. Des marbres ornementaux sont tirés au Puits.

La forte urbanisation qui marque cette seconde moitié du 20^e siècle dépeuple les zones montagneuses où les activités sont planifiées entre l'élevage (bovins, ovins) et l'exploitation forestière (feuillus et résineux). Le réseau routier, dense, dessert un habitat de résidence secondaire et favorise le tourisme.

Les régions basses conservent leurs activités agricoles, élevage et cultures céréalières.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Pluviométrie et potentiel d'écoulement

La pluviométrie annuelle moyenne pour une longue période (1951-1970), d'après une carte régionale à 1/200 000 (SRAE Bourgogne et CEMAR-CREF, 1982) réalisée à partir des moyennes établies sur les stations pluviométriques (Météorologie nationale), permet de distinguer quatre zones :

- de 1 200 à 1 500 mm, dans le quart nord-ouest de la feuille, c'est-à-dire sur la chaîne du Haut-Morvan (mont Préneley, mont Beuvray) à l'Ouest de Saint-Léger-sous-Beuvray ;
- de 800 à 1 000 mm, en bordure sud et dans les coins sud-est (secteur d'Uchon) et nord-est (secteur d'Autun, La Grande-Verrière, Brion) ;
- inférieure à 800 mm, sur Autun strictement (partie nord-est) ;
- de 1 000 à 1 200 mm sur le reste de la feuille, c'est-à-dire sur une bande E-W comprise entre les deux parallèles Larochemillay (58) — Mesvres (71) et Millay (58) — La Chapelle-sous-Uchon (71).

La pluviométrie efficace moyenne annuelle, calculée suivant les méthodes de Turc ou de Thornthwaite, (pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle) et qui indique le potentiel d'écoulement total/pluviométrie efficace, somme du ruissellement et de l'infiltration, est de :

- pour la période 1946-1976 : 300 à plus de 1 000 mm de l'Est et du Sud-Est au Nord-Ouest, d'après une cartographie à l'échelle nationale (Louvrier et Margat, 1983) ;
- pour la période 1962-1976 : des valeurs comparables, à savoir 300 à 400 mm pour les trois quarts orientaux de la feuille, les valeurs les plus fortes se rencontrant dans l'angle sud-est (380 mm à Uchon) et en direction du Nord-Est, selon une cartographie à 1/100 000 du bassin de l'Arroux (Cornet et Putallaz, 1978). Celle-là exclue les hauts sommets du Morvan au Nord-Ouest, où se rencontrent les valeurs de 400 à plus de 1 000 mm indiquées par la carte nationale mentionnée ci-dessus.

Hydrométrie

Le territoire de la feuille Autun correspond en grande partie au bassin de la Loire. Il est couvert par un réseau hydrographique de densité moyenne sur les trois quarts de la carte, correspondant à la plaine de l'Arroux et de ses affluents, notamment du Méchet, de la Braconne et du Mesvrin, et aux collines de la bordure ainsi que, dans le Sud-Ouest, au haut bassin de l'Alène.

Ce réseau se densifie dans le Nord-Ouest sur la haute chaîne du Morvan, qui constitue le haut bassin de l'Aron, c'est-à-dire de son affluent la Dragne et de son sous-affluent la rivière de la Roche.

Les stations hydrométriques situées sur le domaine de la feuille concernent l'Arroux à Étang-sur-Aroux (station gérée par le Service hydrologique

centralisateur du bassin de la Loire) et le Méchet à Monthelon (station gérée par la Direction départementale de l'Équipement de Saône-et-Loire). Les données disponibles permettent de dégager les résultats suivants :

Station	Étang-sur-Arroux	Monthelon
Période de mesures	1972-1977	1968-1972
Bassin versant (km ²)	1798	1989
Débit moyen annuel (m ³ /s)	20,68	1,84
Débit spécifique moyen annuel (l/s/km ²)	11,5	20,7
Débit moyen mensuel d'étiage (m ³ /s)	5,11	0,35
Débit spécifique moyen mensuel d'étiage (l/s/km ²)	2,8	3,9

A partir de la dernière valeur de chaque colonne du tableau, on peut approcher le débit moyen des écoulements souterrains du haut bassin de l'Arroux : 3 à 4 l/s/km². Cette valeur est probablement plus élevée sur la feuille Autun, par suite de la prédominance de terrains cristallins fissurés. Ces terrains présentent en effet le rapport débit souterrain/débit total du cours d'eau le plus élevé parmi les différents aquifères du bassin de l'Arroux (Bouchet, 1988).

Ressources actuellement exploitées

● **Eaux superficielles.** La part, dans l'alimentation en eau potable publique, des eaux superficielles prélevées sur le territoire de la feuille est faible, sauf dans l'Ouest (département de la Nièvre) où elle devient prépondérante. On note ainsi que ces ressources fournissent dans le *département de la Nièvre* :

- au syndicat intercommunal de la Dragne, 3 000 m³/j prélevables au barrage de Rangère, sur la Dragne à Villapourçon, et assurant la majeure part de l'approvisionnement ;
- au syndicat intercommunal de la région de Luzy, 1 400 m³/j par la prise d'eau des Vieilles-Maisons sur la rivière de la Roche de Larochemillay, qui pourvoient pour moitié aux besoins.

Dans le *département de Saône-et-Loire*, à Autun, Auxe, près de 3 000 m³/j sont obtenus sur les étangs de Paillard et Cloix.

● **Eaux souterraines.** Les aquifères utilisés sont, dans le *département de Saône-et-Loire* :

- les terrains cristallins (arènes de granite ou de gneiss exceptionnellement) offrant un approvisionnement partiel de :
 - Autun, Auxe : 100 m³/j environ à l'étiage par 6 sources situées au Sud de l'agglomération (une source à Autun-La Charrelotte, une source à Autun-Bois-le-Duc et 3 sources à Brion-bois des Garennes),
 - au syndicat intercommunal de la Gourgeoise : 130 m³/j par 5 sources situées sur la commune de Brion (2 sources à Gueunans, 3 aux Mouillons),

- à Broye : 50 à 100 m³/j par 7 sources (4 à Champmartin et 3 aux Combarbs, ces trois dernières correspondent à des gneiss),
- à La Grande-Verrière : 40 m³/j par une source aux Brilles,
- à Saint-Léger-sous-Beuvray : 10 m³/j par une source au Montaigu.

Les terrains cristallins fournissent par ailleurs l'approvisionnement total des communes de :

- Mesvres : avec un débit de 100 m³/j par 4 sources à Runchy,
- La Chapelle-sous-Uchon : avec un débit de 145 m³/j par 2 sources à Velle et Les Mouillons ;
- les terrains volcano-sédimentaires dévono-dinantiens (tufs rhyodacitiques et alternances sédimentaires silto-conglomératiques) alimentent :
 - Saint-Prix où 3 sources, une sur Les Chaux et 2 à L'Écarie assurent la majeure partie de la demande avec 80 à 100 m³/j,
 - Saint-Léger-sous-Beuvray où 5 sources, 2 sur Le Poirier-au-Chien, 3 au mont Beuvray, apportent une contribution majeure de 50 m³/j. Seules les sources du Poirier-au-Chien correspondent aux alternances sédimentaires ;
- les grès du Trias, localement, à Autun où l'un des points d'eau est une source du bois de Riveau, offrant moins de 10 m³/j ;
- les alluvions récentes de l'Arroux et de ses affluents apportant aux syndicats intercommunaux :
 - Arroux–Braconne : 1300 m³/j par 3 puits de la vallée de l'Arroux à Étang-sur-Arroux (1 puits aux Poissenots) et Laizy (2 puits à Chazeu), la nappe étant réalimentée par l'Arroux ;
 - de la Gourgeoise : 390 m³/j par un puits de débit unitaire 30 m³/h, situé dans la vallée de la Selle à Monthelon au lieu-dit Les Granges ;

Dans le *département de la Nièvre*, les terrains volcano-sédimentaires dévono-dinantiens (tufs rhyodacitiques) fournissent :

- à Glux : la totalité des besoins de l'habitat dispersé en hameaux par 6 sources totalisant 150 m³/j environ à l'étiage ;
- à Chiddes : les deux sources des Bourbas assurent partiellement les besoins avec un total de 160 m³/j à l'étiage.

Ces eaux souterraines sont de bonne qualité physico-chimique, tout en étant souvent plutôt agressives et pouvant présenter localement des teneurs notables en fer. On note, pour les sources trop superficielles, la nécessité fréquente de traitement bactériologique avant distribution.

Ressources à exploiter

Les ressources souterraines sont relativement peu exploitées et, sauf en nappe alluviale, pas par des forages pouvant atteindre une centaine de mètres et qui permettraient des débits unitaires plus élevés et une meilleure qualité bactériologique.

Les principaux réservoirs sont :

- les terrains cristallins (granite et gneiss) fissurés qui occupent la presque totalité de la feuille, et constituent le meilleur aquifère du bassin de l'Arroux. Deux forages de recherche d'eau (profondeur d'environ 50 m), effec-

tués en 1986 à Saint-Didier-sur-Arroux pour le syndicat intercommunal Arroux-Braconne, ont fourni des débits de 20 et 40 m³/h ;
– les terrains volcano-sédimentaires fissurés, au Nord et à l'Ouest, présents surtout dans le département de la Nièvre ;
– les grès et conglomérats littoraux du Permien (Autunien) dans le Nord de la moitié est de la feuille, dont l'épaisseur peut excéder 100 m :

Les nappes alluviales ont des épaisseurs faibles (quelques mètres) et sont sensibles aux variations de niveaux des rivières et à leurs pollutions.

Les grès du Trias, entre Autun et Broye, et les calcaires du Lias (partie est de la commune de Brion), sont peu étendus et d'épaisseur pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres pour les uns et une dizaine de mètres pour les autres.

RESSOURCES MINÉRALES

Minéralisation des granites et granitoïdes

● **Etain.** Des teneurs en *cassitérite* approchant le kilogramme par mètre-cube ont été relevées ponctuellement dans les alluvions de ruisseaux drainant soit le massif de granite de Mesvres – indice du Faubourg-Talus au Sud d'Autun –, soit des secteurs du granite de Luzy entrecoupés de veines pegmatitiques ou leucogranitiques – indices des Blondeaux près d'Étang-sur-Arroux, de Poil, de l'étang des Boussons, commune de Saint-Didier-sur-Arroux –. La faible largeur des « flats » (moins de 50 mètres) et leur faible épaisseur (1 mètre) enlèvent tout intérêt économique à ces indices.

Des teneurs plus basses, de l'ordre de 3 à 400 grammes par mètre cube, sont par contre relevées dans le gravier de base de plaines alluviales plus étendues, le long des affluents de l'Arroux, entre Saint-Didier et Thil-sur-Arroux.

● **Tungstène.** Dans le Sud-Est de la feuille, à Coux, commune de Saint-Symphorien-de-Marmagne, des tranchées foncées à partir des données de la prospection alluvionnaire ont mis à jour des structures quartzeuses très faiblement minéralisées en *scheelite*, accompagnée de *pyrite* et de *tourmaline*.

La *wolframite* est signalée dans le filon quartzo-pegmatitique du bois de Champ-Rond, commune de Mesvres.

● **Béryllium.** Le *béryl* en grands cristaux a été observé dans les filons quartzo-pegmatitiques recoupant le granite de Mesvres : indices du bois de Champ-Rond, de Montjeu et Arnaud, commune de Broye ; Fougerette, commune d'Étang-sur-Arroux.

L. Burnol (1974) signale du béryl disséminé dans le leucogranite aux lieux-dits Les Arbres, commune de Brion et Les Tardes, commune de Laizy.

Aucun de ces indices ne présente d'intérêt économique.

● **Apatite.** L'apatite accompagne le béryl dans le filon du bois de Champ-Rond et est signalée dans le prolongement de ce filon vers l'Ouest, au lieu-dit Lativelet, commune de Mesvres.

● **Feldspath.** La compagnie française de Mokta (CFM), ancienne Compagnie française des minerais d'uranium, (CFMU), exploite depuis 1979 une carrière ouverte dans le leucogranite au lieu-dit Chaumont, commune d'Étang-sur-Arroux et produit, dans une usine installée dans cette localité, un concentré mixte de feldspaths sodi-potassiques.

Minéralisations filoniennes

● **Plomb, à gangue essentiellement quartzreuse.** La *galène*, la *cérusite*, la *pyromorphite* se rencontrent dans de nombreuses zones fracturées occupées par du quartz.

A proximité immédiate de Thil-sur-Arroux et à Souve, dans la même commune, de telles structures ont été suivies par tranchées et géochimie sur plusieurs centaines de mètres dans une direction sensiblement N-S. Les tranchées ont mis à jour localement une brèche siliceuse à mouches de *galène* et *cérusite*, plus rarement *pyrite*, *malachite* et *azurite*. Des filonnets de *fluorine* traversent parfois cette brèche. Les sondages percutants effectués le long de la structure de Souve ont confirmé le caractère capricieux et la pauvreté de la minéralisation. La structure de Thil s.s. est inaccessible en raison de l'urbanisation du secteur.

L'indice de Moulin-Jouleaux, travaillé par Hippolyte Marlot au début du siècle, consiste essentiellement en la présence de rognons de *pyromorphite* et de fines mouches de *galène* dans la roche broyée. Il pourrait s'agir de l'extension vers le Nord de la structure de Thil, la structure de Souve se poursuivant elle-même jusqu'à Patigny où la *fluorine*, non retrouvée en tranchée, est signalée dans une brèche siliceuse.

Il est intéressant de signaler que les indices précédents sont situés sur le tracé d'une grande structure locale, orientée NNE et passant par le village de La Comelle, structure difficile à suivre, à ouverture peu marquée et constituant plutôt un « linéament ».

Aux Rivaux, commune d'Autun, de très vieux travaux ont été entrepris sur un petit filon de quartz faiblement minéralisé en *galène*, *pyrite* et, semble-t-il, en *chalcopyrite* et *covelline* (?).

Au Crot-aux-Meniers, commune de La Grande-Verrière, des mouches de *cérusite* ont été observées à l'éponte d'un filon de quartz bréchiqque et dans les diaclases des tufs encaissants, mais cette minéralisation ne présente aucune continuité.

● **Plomb à gangue de fluorine.** Au lieu-dit Les Molérats ou La Reinge, à la limite des communes de Glux-en-Gléne (Nièvre) et de Saint-Prix (Saône-et-Loire), des travaux miniers peu profonds avaient été effectués dès la fin du 18^e siècle et poursuivis jusqu'à la fin du 19^e, sur un filon de *fluorine* bien minéralisé en *galène*. Des recherches reprises de 1959 à 1961 ont comporté le fonçage d'un puits de 76 mètres et le traçage du filon sur des allongements respectifs de 193 et 211 mètres aux niveaux - 36 et - 76 mètres. La puissance de la caisse est de 2 à 3 mètres, se réduisant à 40 centimètres à l'extrémité

septentrionale. La fluorine est associée à une brèche filonienne fine qui occupe la partie centrale de la caisse, les teneurs étant comprises entre 25 et 38 % CaF₂. La galène et la *pyromorphite* sont également associées à cette brèche. Une variété de mimétite, la *prixite*, a donné sa célébrité au gisement auprès des collectionneurs. Les teneurs en plomb passent d'environ 4 % dans la partie supérieure à moins de 1 % au niveau - 76, enlevant ainsi tout intérêt économique au gisement, qui reste cependant une réserve potentielle de 25 000 tonnes de fluorine. A signaler encore, la présence du *chryso-colle*.

Au lieu-dit Les Chevrots ou Jouvrain, dans la commune de La Grande-Verrière, des tranchées en allongement et une courte galerie ont été foncées à la fin du 18^e siècle sur une structure argilo-quartzreuse localement sillonnée par des filets centimétriques de *galène* et *céruosite*. La *malachite* et l'*azurite* sont signalées. Une prospection effectuée récemment a confirmé la pauvreté de la minéralisation. Des « volantes » de *barytine* jalonnent la structure et soulignent une extension possible vers l'indice des Perrots (chapeau de fer).

● **Filons de fluorine.** Argentolle, dans la commune de Saint-Prix (Saône-et-Loire), est un gisement complexe qui fut exploité de 1969 à 1984 par la Compagnie française de Mokta (Valette, 1983). Les deux filons du bois de Sureau sont orientés E-W et encaissés dans le microgranite porphyrique. Les filons du rocher du Bœuf sont orientés N-S et encaissés dans une lentille de calcaires viséens ; l'ouverture des fractures est lenticulaire, de telle sorte que la minéralisation paraît concentrée dans des amas. L'amas du rocher du Bœuf résulte lui-même du remplissage d'une cavité karstique par une brèche à la fois détritique et de précipitation chimique, formée d'éléments d'encaissant, calcaires et microgranite, de blocs de fluorine verte cataclasée, de rognons de quartz géodique, cimentés par une boue d'argile manganésifère et par de la fluorine verte et violette.

Les filons sont eux-mêmes occupés :

- par un remplissage rubané de *fluorine verte* et de quartz blanc, bréchifié et cimenté par une fluorine verte de seconde génération (bois du Sureau) ;
- par de la *fluorine blanche*, saccharoïde, à squelettes de silice (bois du Sureau) ;
- par la succession de minéraux suivants : quartz gris, *fluorine violette*, quartz blanc, *fluorine verte*, quartz hématoïde, *barytine* et *fluorine jaune miel* (filons du rocher du Bœuf).

Les minéraux plus accessoires sont constitués par la *galène*, la *pyromorphite*, la *pyrite* et la *chalcopyrite*.

La production totale fut de l'ordre de 100 000 tonnes de fluorine à 55 % CaF₂ et les réserves approcheraient 500 000 tonnes à teneur de l'ordre de 40 % CaF₂. Le site minier a été réaménagé après l'arrêt de l'exploitation.

Entre les Hérards et la ferme du Grand-Montigny, dans la commune de Millay (Nièvre), affleure une longue structure N-S, de 2 à 4 mètres de puissance, occupée par une brèche quartzreuse renfermant sporadiquement de petites lentilles au plus métriques de *fluorine violette* et des traces de sulfures très fins (*galène*). Les sondages percutants effectués tout au long de la structure ont confirmé le caractère capricieux de cette minéralisation et ont également rencontré des filonnets *barytiques*.

Au lieu-dit Les Brûles, commune de Luzy (Nièvre), la découverte de galets peu roulés de fluorine dans les cours d'eau et la prospection hydrogéochimique ont amené à la réalisation de sondages percutants qui ont confirmé la présence constante de traces de fluorine dans le granite, sans qu'aucune structure bien individualisée n'ait pu être mise en évidence.

Aux Barbières, commune de Saint-Prix (Saône-et-Loire), un petit filon de fluorine a fait récemment l'objet de vaines recherches. Une puissance brèche tectonique affleurant près de Patigny, commune de Saint-Didier-sur-Arroux, renferme quelques mouches de fluorine et *pyrite*; les tranchées exécutées confirment le manque d'intérêt de cette minéralisation sur le plan économique mais qui se place sur le « linéament » signalé à l'occasion de la description des indices de plomb de Souve.

L'indice des Grivaux, à Laizy, est un petit filon de *barytine* et fluorine décimétrique installé dans une fracture E-W bordant le bassin permien d'Autun.

Au lieu-dit Moulin-de-Rangère ou Dragne, commune de Villapourçon (Nièvre), un filon irrégulier de fluorine de 10 à 25 centimètres de puissance traverse les tufs d'une ancienne petite carrière de matériaux.

A La Croix-des-Cerisiers, dans la même commune, des sondages percutants foncés sur des indications de prospection hydrogéochimique et d'après quelques observations en tranchées, ont mis en évidence une minéralisation très particulière : la fluorine cimente une brèche accolée à l'éponte d'un niveau andésitique encaissé dans les grès et tufs viséens. Les teneurs seraient d'un peu plus de 10% CaF_2 sur des traversées de 10 à 15 mètres. L'indice du bois de Mary, très voisin dans la commune de Glux (Nièvre), serait du même type.

● **Filons de quartz à mispickel.** Dans le réseau de filons de quartz au Sud de Millay, celui des Pouillas présente une faible minéralisation en mispickel.

● **Uranium.** Des indices ponctuels d'uranium sont signalés, certains ayant fait l'objet de petits travaux de prospection : *autunite* sur des filons de quartz ou des zones broyées à La Chapelle-sous-Uchon, Laizy, Saint-Léger-sous-Beuvray ; *pechblende* à Millay.

Barytine et fluorine stratiformes

Au pied du versant occidental de la montagne de Guénand, entre Mesvres et Autun, deux failles dirigées vers le NNW limitent un petit bassin d'effondrement qui a conservé des formations sédimentaires : grès, marnes et calcaires liasiques. De minces lambeaux résiduels, sans relation évidente avec des failles, prolongent ce bassin vers le Sud.

Le long de la faille occidentale, passant par le hameau des Cloyes, la barytine a été observée dans la mylonite à hauteur du hameau de Corcelles, des volantes d'arkose du niveau de base minéralisée en barytine et galène ont été rencontrées au Nord des Cloyes, les volantes de barytine et de fluorine avec localement *pyromorphite* sont abondantes entre Guénand et Corcelles.

Près de Runchy, l'arkose de base, difficile à distinguer d'un socle démantelé, renferme de petits bancs subhorizontaux de barytine.

Les sondages percutants effectués sur tous ces lambeaux de terrains liasiques ont constamment rencontré des traces de minéralisation en barytine et fluorine dans les arkoses du niveau de base, les teneurs passant de moins de 1 % à 5 % au plus et restant donc nettement en dessous des valeurs économiques. Des traces de pyromorphite ont été exceptionnellement observées.

On rappellera qu'à une dizaine de kilomètres à l'Est, de l'autre côté du massif granitique, existent les grands gisements de fluorine stratiforme du plateau d'Antully (feuille Le Creusot).

L'indice des Charlots, plus au Nord, paraît *a priori* un banal indice filonien dans le granite. Il est en fait constitué par la minéralisation en barytine de la brèche occupant la faille orientale ou « faille de Runchy » qui semble elle-même se prolonger bien au-delà du bassin permien, en direction de Voltennes (feuille Lucenay-l'Évêque).

Chapeaux de fer et minéralisations associées des terrains volcano-sédimentaires

Le fer a été exploité en de nombreux points du faisceau dévono-dinantien du Morvan au cours du siècle dernier. A l'exception de celles du groupe de Saint-Aubin plus au Sud (feuille Dompierre), la plupart des exploitations ont porté sur de petits chapeaux de fer que l'on peut regrouper en trois secteurs : anciennes mines d'Arleuf, dans la forêt des Montarnu près d'Arleuf (feuille Lucenay-l'Évêque), anciennes mines de Champ-Robert et de la forêt de Chatillon entre Villapourçon et Larochemillay (feuilles Fours et Autun), anciennes mines des Airelles, commune de La Grande-Verrière (feuille Autun). Plusieurs minerais ont été exploités : la *martite*, forme d'hématite pseudomorphosant la magnétite, la *gæthite*, accessoirement les *limonites*. Ces minerais étaient non phosphoreux mais les gisements étaient à la fois petits et mal desservis par le chemin de fer, de sorte que la mise au point du traitement et l'avènement de la minette lorraine les ont condamnés.

Les exploitations ont été pour l'essentiel pratiquées à ciel ouvert, de petits travaux miniers ont exploré la base des « chapeaux » et ont pour la plupart rencontré une minéralisation pyriteuse soit filonienne, soit lenticulaire, ou encore disséminée, accompagnée parfois de galène, blende ou chalcopryrite. Ce dernier fait d'une part, l'existence d'un contexte géologique *a priori* favorable d'autre part, ont amené à reprendre l'étude de ces indices à un moment où dans le monde se généralisait la recherche d'amas sulfurés dans les séries volcano-sédimentaires.

Les descriptions qui suivent ne concernent que la feuille Autun.

Aux Airelles, l'exploitation du fer s'est faite à ciel ouvert puis au moyen de deux galeries. Une section polie taillée dans un échantillon du « chapeau » provenant des haldes supérieures, montre l'association suivante : dans une gangue de *gæthite*, on observe de la *magnétite* presque entièrement

martitisée avec inclusions pyriteuses ou *pyrite* dans les fissures, du quartz à mouches de *chalcopyrite* et des enduits de *covelline*. Au niveau inférieur, la pyrite imprègne une roche très chloriteuse, l'hématite est absente. Des dosages multi-éléments effectués sur plusieurs échantillons du « chapeau » ont de plus mis en évidence des teneurs élevées en étain, tungstène, molybdène..., qui caractérisent une minéralisation chaude de type « Cornouailles », en liaison avec le magmatisme (granite du Haut-Folin ?) et contredisent l'hypothèse d'un éventuel amas sulfuré volcano-sédimentaire.

Aux Perrots, plus au Sud, une petite recherche a été faite sur un chapeau de fer pyriteux.

Dans la région occidentale de la feuille, des recherches ont été entreprises au début du 20^e siècle sur de petits chapeaux de fer généralement installés sur des zones mylonitiques parcourues de filets de quartz à mouches de *pyrite* : Montrond ou Champ-Joli, commune de Millay ; Le Vergne ou Auvergne, commune de Larochemillay ; Le Creux à Villapourçon ; l'Échevault à Glux.

Dans l'ancienne carrière de cipolin dite de « la mine du Puits », à Villapourçon, le schiste encaissant est fortement imprégné de *pyrite*, au contact d'une intrusion granitique. Il est intéressant de signaler à ce propos la fréquence de la pyrite dans les tufs ou schistes au contact immédiat du granite de Luzy ou de ses apophyses, comme on peut l'observer le long de la route de Luzy au Puits.

A rapprocher des altérations du type « chapeau de fer », on signalera l'existence de poches d'*oxydes de manganèse*, de *wads*, superficielles ou profondes, associées à des zones broyées souvent sillonnées de veinules siliceuses. A La Boula, commune de Saint-Prix, une exploitation de manganèse, actuellement en sommeil, a été ouverte sur une telle zone.

La prospection géochimique a mis en évidence des anomalies en plomb et zinc en différents points de la forêt de Chatillon : Les Pierres-Blanches, commune de Larochemillay ; Sauret ou Soret et La Voie-Romaine, commune de Villapourçon. Les sondages percutants ont rencontré des traces de *pyrite*, *galène* et *blende* disséminées dans les tufs. Les sondages carottés plus profonds ont montré l'association étroite des teneurs en plomb et zinc les plus fortes à des wads manganésifères, en l'absence de galène ou blende bien exprimée.

Aux Fraichots, commune de Larochemillay, les sondages percutants ont rencontré un mince corps minéralisé en *galène*, *blende* et *chalcopyrite* dont l'enracinement n'a pas été confirmé.

Schistes bitumineux

Dans la partie couverte par la feuille Autun du bassin permo-carbonifère d'Autun-Épinac, trois exploitations ont été entreprises au cours du 19^e siècle :

- Margenne, dans la commune de Monthelon et sous le couvert de la concession de Margenne, qui portait sur une mince couche de *boghead* ;
- Le Ruet, commune de Monthelon et concession du Ruet, qui portait sur la couche supérieure de *schistes bitumineux* dite des Télots ;
- Hauterive ou « le puits d'Alligny », commune d'Autun et concession d'Hauterive, portant sur les extensions des deux couches précédentes.

Les caractéristiques des gîtes et indices minéraux recensés sur la feuille sont résumés dans les tableaux en annexe (annexe 3).

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

ITINÉRAIRES GÉOLOGIQUES (fig. 13)

Domaine volcano-sédimentaire

Le relief plus marqué dans cette partie du faisceau du Morvan et les routes entaillées à flanc de colline facilitent l'observation des divers faciès du domaine volcano-sédimentaire. L'itinéraire proposé suit un plan pratique et non la logique stratigraphique.

En arrivant par la D 124, la route de Chiddes à Millay, prendre, peu avant la rivière de la Roche, la petite route montant au château de Rivière. En face de celui-ci (1), affleure l'un des filons de microgranite, granophyre rose à beige, peu à pas porphyrique, appartenant au faisceau qui s'étend en direction NE jusque dans le mont Beuvray. Postérieurs car non affectés par le métamorphisme thermique du granite de Luzy, ces filons seraient datés de la fin du Carbonifère.

Rejoindre la D27 en passant par Saint-Gengoult ; on peut voir au passage le château et le village de Larochemillay bâtis sur un éperon de rhyolite du Tournaisien–Viséen inférieur.

Prendre la direction du Puits ; la route entaille plusieurs parements (2) de ces mêmes rhyolites dacitiques du Tournaisien–Viséen inférieur, fréquemment tectonisées et potassifiées.

Dans le virage (3) d'où part le chemin menant aux Couturiers, un filon de microgranite porphyrique rose marque la bordure d'un petit compartiment de tufs rhyodacitiques du Viséen supérieur. La route traverse ces roches gris-bleu à gris-vert sur environ 200 m avant de rentrer à nouveau dans les volcanites du Tournaisien–Viséen inférieur. Des filons de microgranites, toujours cogénétiques des tufs, sont dans le contact.

Au carrefour de la route de Petiton (4), les siltites finement stratifiées ont fourni une microflore et des débris végétaux les datant du Strunien (base du Carbonifère ; Coulon *et al.*, 1980). Une zone de roches cataclasées de plusieurs mètres de large et dans laquelle on note des filonnets de barytine orientés N 130 °E et inclinés de 80 °E, sépare les siltites des tufs du Viséen supérieur situés au Sud-Ouest.

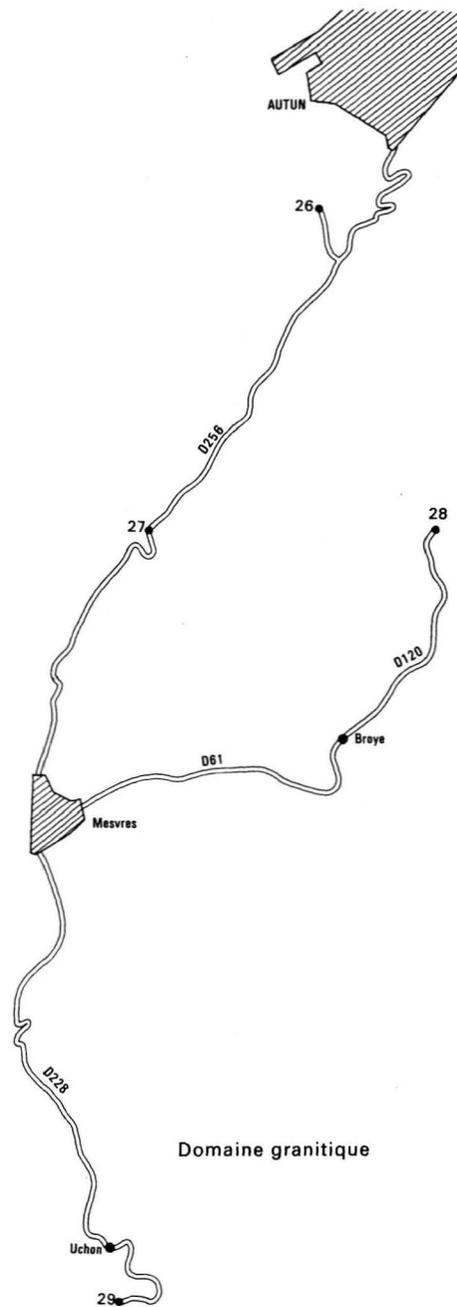
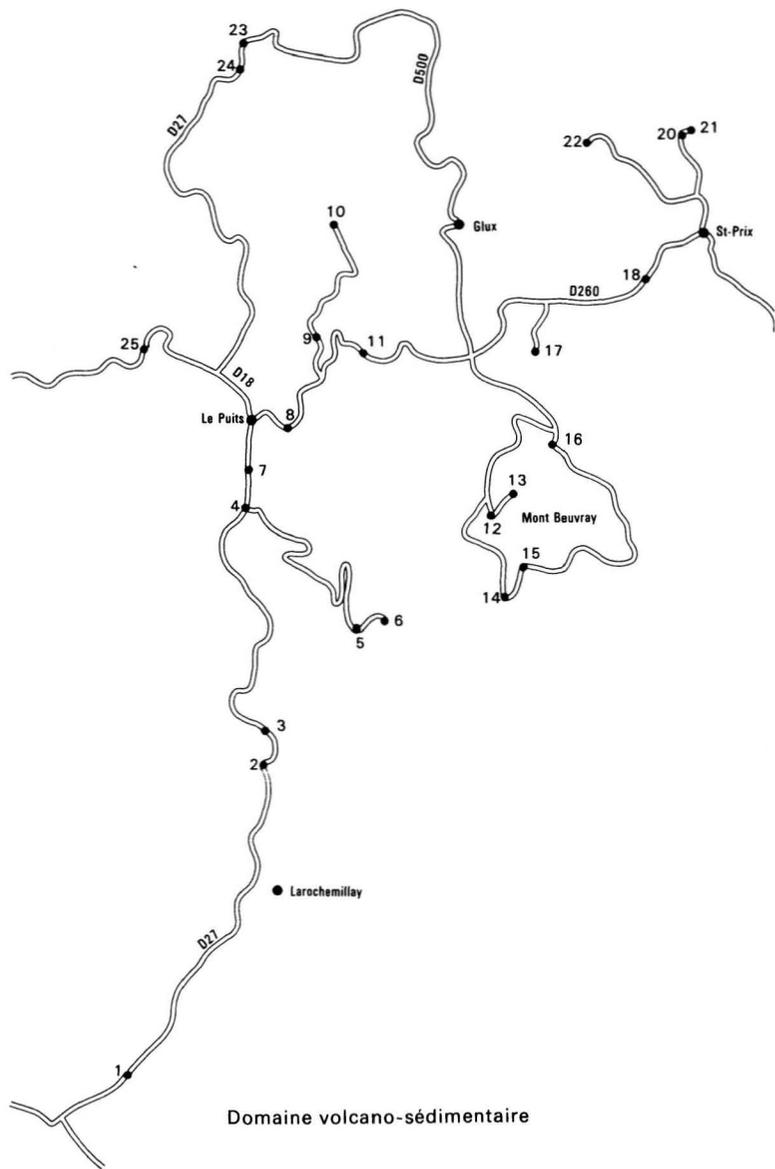


Fig. 13 - Itinéraires géologiques

Descendre par la route de Petiton pour reprendre celle des Vieilles-Maisons ; 500 m avant ce hameau, un chemin de viabilité incertaine mène plein Sud à l'entrée du vallon de Malvaux. Peu après le virage (5), le chemin entaille des blocs de brèche ignimbritique à grands éléments (quelques cm) de volcanites acides (rhyolite dacitique, ignimbrite rubanée,...). Poursuivre encore 400 m après le virage jusqu'à un sentier qui, après avoir coupé le ruisseau de Malvaux, prend une direction Sud-Ouest ; on arrive très vite à un chemin entaillé dans le rocher (6) fait de rhyolite et d'ignimbrite finement rubanées.

Revenir au carrefour de la route de Petiton et de la D 27 et reprendre la direction du Puits. La route entaille à l'Ouest une série de siltites (Strunien—Tournaisien—Viséen inférieur) massives ou finement stratifiées et plissées (7).

À ces siltites succèdent les sédiments typiquement tournaisiens, grès et conglomérats à galets de quartz, quartzite et lydienne. Ceux-ci alternent sur la route de Saint-Léger-sous-Beuvray (8) et présentent des figures de sédimentation tels que microravinements et stratifications obliques, indiquant une série normale.

Peu après, prendre à gauche la route montant à Glux pour atteindre à environ 1 km, une ancienne carrière entaillée dans un virage (9) et montrant des grands parements rocheux dans le faciès très caractéristique des ignimbrites rhyodacitiques violacées et flammées du Viséen supérieur. On peut poursuivre jusqu'à la source de l'Yonne (10) située sur la ligne de partage des eaux entre le bassin de la Seine et celui de la Loire.

Revenir sur la D27 en direction de Saint-Léger-sous-Beuvray. La route entaille plusieurs fois (11) les tufs soudés rhyodacitiques, ainsi que les microgranites porphyriques du Viséen supérieur. On y note également des petits filons subverticaux de roches basiques.

Prendre à droite la route du mont Beuvray, au sommet (12) duquel on découvre un vaste panorama sur la dépression du bassin d'Autun et du batholite de Luzy et sur les contreforts granitiques du plateau d'Antully. Si l'on poursuit jusqu'au vrai sommet du Beuvray (13), au Porrey à 300 m au NNE de la table d'orientation, on verra, dans le versant ouest, d'anciennes carrières entaillées dans des tufs et brèches ignimbritiques de composition dacitique.

Dans la descente du mont Beuvray (14), un peu au-dessus du virage en épingle, on retrouve le prolongement de l'assise des brèches ignimbritiques de Malvaux, sous la forme de blocs sub-en place.

À la fontaine du Pauley (15) et sur une centaine de mètres vers l'Est, le talus de la route montre des éboulis de conglomérats à galets de quartz blanc, quartzite gris et lydienne noire. Dans ces roches caractéristiques de dépôts du Tournaisien—Viséen inférieur, les galets sont bien arrondis et emballés dans une matrice gréseuse qui, ici, est recristallisée sous l'influence du métamorphisme thermique du granite et montre un développement d'aiguilles d'amphibole.

Au bas de la route du Beuvray, reprendre la direction de Saint-Honoré-les-Bains ; 200 m (16) avant de revenir au départ de la montée au mont Beuvray, des rochers affleurent à gauche du ruisseau dans le sous-bois au-dessus de la route. On y observe un banc de conglomérat (à galets de quartz, quartzite et lydienne) intercalé dans des grès plus ou moins grossiers et localement à fines laminations. Ces alternances, ici très redressées (D = N 165° E, P = 80° W à 90°), sont caractéristiques du Tournaisien—Viséen inférieur et plus particulièrement de l'unité sédimentaire située à la base de cet étage.

Descendre jusqu'au col de l'Échenault et prendre la route de Saint-Prix. Au passage on peut voir ou aller échantillonner les déblais (17) de l'ancienne mine de fluorine d'Argentolle, où abondent les quartz géodiques. Ces mêmes quartz se retrouvent dans l'ancienne exploitation de wad man-ganésifère de La Boula (18).

À Saint-Prix, aller en direction de Saint-Léger-sous-Beuvray. Dans la grande carrière de Prézin (19), le parement sud est constitué de siltites tachetées (métamorphisme thermique) montrant encore de fines stratifications. Le front de taille principal est dans un microgranite porphyrique intrusif dans les siltites, mais d'âge viséen supérieur comme en témoigne le métamorphisme qu'il a subi sous l'action du granite de Luzy proche.

Revenir à Saint-Prix et prendre la D 179 en direction de la maison forestière de La Croisette. À environ 1 km (20), la réfection d'un virage permet d'observer un microgranite gris à rose (Viséen supérieur) présentant des variations dans la répartition et la taille de phénocristaux de feldspath potassique. Ces modifications sont liées au passage progressif du microgranite aux tufs encaissants pénécotemporains.

Ces mêmes tufs rhyodacitiques à texture ignimbrétique affleurent de l'autre côté du vallon (21).

Au retour sur Saint-Prix, le chemin de Chanson mène à La Reigne (22) pour atteindre au fond du vallon, à 300 m au Sud-Ouest, les déblais de l'ancienne mine de plomb où la galène et la pprite sont associées à la fluorine verte ou violette.

Revenir au col de l'Échenault ; la route de Glux, puis du Haut-Folin, traverse le complexe d'Onlay où les tufs soudés rhyodacitiques sont recoupés de filons et de stocks de microgranite et de granophyre. Au Pré-du-Massé, obliquer à l'Ouest pour descendre par la route forestière sur la vallée de l'Yonne en direction de Villapourçon et de Saint-Honoré-les-Bains. Peu avant la rivière (23) affleurent des tufs ignimbrétiques à phénocristaux de quartz, plagioclase, feldspath potassique et biotite dans un fond vitroclastique recristallisé.

À 300 m au Sud (24) affleure l'une des multiples intrusions subvolcaniques de granophyre gris-beige mises en place au Viséen supérieur dans les tufs de même âge. La roche est à petits phénocristaux (quartz, feldspaths, biotite) pris dans un fond dont la texture micrographique est visible à la loupe.

À la Croix-des-Cerisiers, poursuivre sur Saint-Honoré-les-Bains. Après le virage du moulin de Rangère (25), la route est bordée de grands pans rocheux localement entaillés en carrière dans un microgranite porphyrique ; cette roche est semblable aux filons cogénétiques des tufs rhyodacitiques mais appartient à un stock lenticulaire d'environ 1,5 km de long et 0,4 km de large.

Domaine granitique

Un itinéraire traversant la partie orientale permet d'observer quelques faciès granitoïdes.

À la Croix-de-la-Libération (26), le panorama domine la ville d'Autun située en bordure du bassin permien. Deux terrils signalent l'ancienne exploitation de schistes bitumineux des Télots. La plate-forme du monument a dégagé des dalles de granite rose, un peu porphyroïde, orienté et mylonitisé suivant la direction N 80°E, pendage 70°N, qui est celle de la faille bordière du bassin permien.

Se diriger sur Mesvres par la D 256. Dans le virage au-dessus de Runchy (27), une petite carrière est entaillée dans le granite de Mesvres, une roche rose à grain fin et homogène et à biotite et muscovite.

À Mesvres, prendre la D61 et remonter au Nord par Broye jusqu'au croisement des Combards où, peu avant, des roches bordent la route D120. Ce sont des gneiss anatectiques riches en traînées de biotite et en plagioclase. Le grain généralement fin est cependant hétérogène et parfois pegmatitique.

Revenir à Mesvres et monter par la D275 au Signal-d'Uchon (29) et à sa table d'orientation d'où l'on découvre le domaine granitique et les monts du Morvan. Dans ce promontoire, le granite d'Uchon est découpé par de grandes diaclases qui ont favorisé l'altération en boule et la formation du chaos rocheux. Les grands cristaux de feldspath potassique, qui peuvent atteindre plusieurs centimètres, sont parfois orientés en bouffées de quelques décimètres, sans qu'aucune direction plus générale ne caractérise l'écoulement magmatique.

BIBLIOGRAPHIE

AUBERT M., CORNET J., NAUDY H., ROQUES M., SAMSELME H., WEBER C. (1970) — Apports de l'aéromagnétisme de haute sensibilité à la connaissance du socle du Morvan. *Bull. BRGM* (2^e série), sect. II, n° 2, p. 13-23, 5 fig., 4 pl.

AUTRAN A., et coll. (1980) — Évolutions géologiques de la France. *Mém. BRGM*, n° 107.

BAUBRON J.C., JEBRAK M., JOANNES C., LHEGU J., TOURAY J.C., ZISERMAN A. (1980) — Nouvelles datations K/Ar sur les filons à quartz et fluorine du Massif central français. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 290, n° 14, sér. D, p. 951-953.

BÉBIEN J. (1970) – Étude pétrographique et géochimique des formations volcaniques dévono-dinantiennes de l'extrémité sud-ouest du faisceau synclinal du Morvan. Thèse 3^e cycle, Nancy, 110 p., 53 fig., 14 tabl.

BÉBIEN J. (1971) – Éléments nouveaux sur le volcanisme dévono-dinantien de l'extrémité sud-ouest du faisceau synclinal du Morvan. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, série D, vol. 273, n^o 4, p. 466-468.

BÉBIEN J., FLOYD P.A., JUTEAU T., ROCCI G., SAGON J.P. (1977) – Le volcanisme dévono-dinantien, élément déterminant dans la reconstitution du cadre géotectonique de l'Europe moyenne varisque. Coll. intern. CNRS, Rennes, n^o 243, p. 275-291, 6 fig.

BÉBIEN J., GAGNY C., ROCCI G. (1981) – La place du volcanisme dévono-dinantien dans l'évolution magmatique et structurale de l'Europe moyenne varisque au Paléozoïque. 26^e C.G.I, Paris, colloque C.6, p. 213-225.

BERTAUX J. (1982) – Origine métamorphique des grenats des volcanites acides d'âge viséen supérieur dans le Nord-Est du Massif central français. *Bull. Minéral.*, 105, p. 212-222, 6 fig., 2 tab.

BERTIN D., GUILLAUMET J.P. (1982) – Bibracte, une ville gauloise sur le mont Beuvray. Autun : G. Metra édit.

BESSON M., FONTEILLES M. (1974) – Relations entre les comportements contrastés de l'alumine et du fer dans la différenciation des séries tholéiitiques et calco-alcaline. *Bull. Soc. fr. minéral. cristall.*, 97, p. 445-449.

BONIJOLY D., CASTAING C. (1984) – Fracturation et genèse des bassins stéphaniens du Massif central français en régime compressif. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. CIII, p. 187-199, 4 fig.

BOUCHET C. (1988) – Étude des ressources en eaux souterraines des bassins de l'Arroux et de la Bourbince. BRGM, note 88/04 BOU.

BRULEY J. (1966) – Le Morvan, cœur de la France. Société amicale et philanthropique La Morvandelle, Paris, 3 vol.

BURNOL L. (1974) – Géochimie du béryllium et types de concentration dans les leucogranites du Massif central français. Relations entre les caractéristiques géochimiques des granitoïdes et les gisements endogènes de type départ acide (Be, Sn, Li) ou de remaniement tardif (U, F, Pb, Zn). *Mém. BRGM*, n^o 85.

CARPENA J., DOUBINGER J., GUÉRIN R., JUTEAU J., MONNIER M. (1984) – Le volcanisme acide de l'Ouest-Morvan dans son cadre géologique : caractérisation géochimique, structurale et chronologique de mise en place. *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), t XXVI, n^o 5, p. 839-859, 3 fig., 1 tabl.

CARRAT H.G. (1965) – Sur les relations entre les différents stades de la granitisation hercynienne dans le socle granitique du Morvan septentrional et ceux du faisceau synclinal du Morvan. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 261, n° 3, p. 5153-5156.

CARRAT H.G. (1966) – Contribution à l'étude pétrographique et chimique du massif de Luzy (Morvan méridional). *Sciences de la Terre, Nancy*, XI, n° 4, p. 418-471.

CARRAT H.G. (1969) – Le Morvan cristallin. Étude pétrographique, géochimique et structurale, position de l'uranium. Thèse, Nancy, 379 p.

CARRAT H.G. (1969 a) – Évolution de la granitisation et du volcanisme dans le Morvan. *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), vol. XI, n° 4, p. 574-587, 6 fig., 6 tabl.

CARROUÉ J.P. (1977) – Barytine et fluorine de la région de Runchy, Mesvres (Saône-et-Loire). Rapp. BRGM, Division Massif central, DL Clermont n° 261.

CARROUÉ J.P. (1978) – Les indices de fluorine du Biez, des Brûles et des Hérards, région de Luzy (Nièvre). Rapp. BRGM, Division Massif central, DL Clermont n° 262.

CARROUÉ J.P. (1979) – Prospection des terrains volcano-sédimentaires dans le périmètre de Sénavelle-les-Airelles, près d'Autun (Saône-et-Loire). Rapp. BRGM, Division Massif central, DL Clermont n° 287.

CHICHERY M. (1938) – Stratigraphie des formations dinantiennes du bassin de l'Ardoisière, près de Vichy (Allier). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 206, p. 263-265.

CORNET J., PUTALLAZ J. (1978) – Bassin de l'Arroux. Ressources potentielles en eaux souterraines et carte générale d'alimentation en eau potable des collectivités. Rapp. BRGM 78 SGN 074 JAL–DDE Saône-et-Loire.

CORSIN P., GUFFROY J. (1969) – Données nouvelles sur le Dinantien du Morvan. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 269, p. 683-684.

COULON M. (1978) – Découverte d'une structure annulaire de microgranites reprise dans une tectonique de compression dans la région de Saint-Prix (Morvan). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 287, série D, p. 583-586, 3 fig.

COULON M., CORSIN P., DOUBINGER J. (1980) – Données nouvelles sur la stratigraphie du Dévono-Dinantien du Morvan. *Bull. Soc. hist. nat. et amis mus. Autun*, n° 95, p. 3-12.

DEBON F., LE FORT P. (1983) – A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Trans. Royal Soc. Edinburgh, Earth Sci.*, 73, 135-149.

DELAFOND F. (1889) – Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac, Fasc. 1 : Stratigraphie. Gîtes minéraux, Paris.

DELFOUR J. (1977) – Géologie des formations viséennes et minéralisations sulfurées du secteur de Champ-Robert–forêt de Chatillon (Nièvre). Rapp. BRGM, 10 p., 1 fig., 4 ann.

DELFOUR J. (1978) – Géologie et minéralisations des formations viséennes du secteur du mont Beuvray (Nièvre, Saône-et-Loire). Rapp. BRGM 78 SGN 611 GEO, 11 p., 1 fig., 6 ann.

DELFOUR J. (1989) – Données lithostratigraphiques et géochimiques sur le Dévono-Dinantien de la partie sud du faisceau du Morvan (Nord-Est du Massif central français). *Géol. de la France*, n° 4, p. 49-77, 19 fig., 1 carte h.t.

DELFOUR J., GIGOT C. (1985) – Données stratigraphiques apportées par l'étude de Conodontes du Dévono-Dinantien de la région de Bourbon-Lancy (Saône-et-Loire). *Géol. de la France*, n° 4, p. 331-340, 3 fig., 1 pl. photo.

DELFOUR J., ISNARD P., LECUYER E., LEMIÈRE B., LHOTE F., MOINE B., PIBOULE M., PICOT P., PLOQUIN A., TEYGEY M. (1984) – Étude du gîte de pyrite de Chizeuil (Saône-et-Loire) et de son environnement volcano-sédimentaire dévonien et dinantien. *Document BRGM*, n° 73, 37 p., 20 fig., 2 tabl., 3 ann. (232 p.), 5 pl. h.t.

DELFOUR J., TEGYEY M. (1980) – Études pétrographiques des formations volcaniques et sédimentaires dévono-dinantiennes traversées par les sondages S34, S59, S60, S61, S31, S32, S33 du secteur de Champ-Robert–forêt de Chatillon (Nièvre). Rapp. BRGM 81 SGN 158 GEO, 14 p., 8 pl., 2 fig., 6 ann.

DOUBINGER J., ELSASS P. (1979) – Le bassin permo-carbonifère d'Autun. Nouvelles données stratigraphiques et palynologiques. *Bull. Soc. hist. nat. Autun*, n° 91, pp. 9-25.

DUFOUR E. (1985) – Granulite facies metamorphism and retrogressive evolution of the Monts du Lyonnais (Massif central, France). *Lithos*, 18, p. 97-113.

DUTHOU J.L., CANTAGREL J.M., DIDIER J., VIALETTE Y. (1984) – Palaeozoic granitoids from the French Massif Central : age and origin studied by $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ system. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 35, p. 131-144, 6 fig. 4 tab.

ELSASS-DAMON P. (1977) – Les « Schistes bitumineux » du bassin d'Autun. Pétrographie - Minéralogie - Cristallographie - Pyrolyse. Thèse docteur-ing., Paris.

FALKE H. (1959) – Die bituminösen Schiefer des Beckens von Autun (Zentralfrankreich). 5^e Congr. intern. sédimentologie. *Ecl. Geol. Helv.*, 51, n° 3, pp. 623-634.

FEYS R., GREBER C. (1964) — Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac. 5^e Cong. intern. strat. géol. Carbonifère, Paris, 1963, I, pp. 45-51.

FLOYD P.A., WINCHESTER J.A. (1978) — Identification and discrimination of altered and metamorphosed volcanic rocks using immobile elements. *Chem. Geol.*, 21, 3-4, p. 291-306.

FRESSE J.C. (1978) — Contribution à l'étude des formations superficielles détritiques de l'Est de la France. Les sols hydromorphes à profil différencié du bassin d'Autun. Thèse 3^e cycle, Dijon.

GAUTHERIN H. (1965) — Morphologie et formations superficielles dans le sud-ouest du Morvan. D.E.S., Dijon, 55 p.

GÉLARD J.P. (1978) — La fracturation de la Bourgogne méridionale, essai d'interprétation et implications tectoniques régionales. *Rev. géograph. phys. géol. dyn.* (2), vol. 20, fasc. 1, p. 5-28, 9 fig.

GODARD G. (1990) — Découverte d'éclogites, de péridotites à spinelles et d'amphibolites à anorthite, spinelle et corindon dans le Morvan. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 310, sér. II, p. 227-232.

GRATTEPANCHE C. (1976) — Étude sédimentologique des alluvions actuelles et anciennes de la vallée de la Canche et de la Selle (W du bassin d'Autun). D.E.A, Dijon, 48 p.

GROS Y., MARTIN P. (1981) — La fracturation de la bordure nord du Massif central (région des horsts de La Machine, Neuville, Saint-Pierre-le-Moutier). Étude géométrique, cinématique et chronologique. Rapp. BRGM 81 SGN 859 GEO, 18 p., 11 fig.

GUFFROY J. (1957) — La série dinantienne du Morvan. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 248, 4-5, p. 632-635.

GUFFROY J. (1980) — Sur l'origine des diabases du Morvan. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 251-21, p. 2380.

JOSEPH D. (1974) — Étude géologique et minéralogique des gisements de fluorine de Voltenne et de Maine (Saône-et-Loire, France). Thèse 3^e cycle, Orléans, 82 p., 22 fig., 8 tab., 1 ann., 3 pl. photo, 12 pl. h.t.

JUNG J. (1946) — Géologie de l'Auvergne et de ses confins bourbonnais et limousins. Mémoire pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. Paris : Imprimerie nationale.

LA ROCHE H. (de) (1964) — Sur l'expression graphique des relations entre la composition chimique et la composition minéralogique quantitative des roches cristallines. *Sci. de la Terre*, Nancy, IX, 3, pp. 293-337, 12 fig., 3 tabl.

LA ROCHE H. (de), LETERRIER J., GRANDCLAUDE P., MARCHAL M. (1980) — A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram

and major elements analyses. Its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.*, 29, p. 183-210, 5 fig., 5 tabl., 1 ann.

LA ROCHE H. (de), STUSSI J.M., CHAURIS L. (1980 b) — Les granites à deux micas hercyniens français. Essais de cartographie et de corrélations géochimiques appuyés sur une banque de données. Implications pétrologiques et métallogéniques. *Sci. de la terre*, Nancy, XXIV, 1, 5-121.

LAUNAY L. (de) (1913) — Traité de métallogénie, gîtes minéraux et métallifères. Librairie Polytechnique, Paris : C. Béranger édit., t. II.

LEMIÈRE B. (1982) — L'amas sulfuré de Chizeuil : étude géochimique de son environnement volcano-sédimentaire dévonien supérieur et de son auréole d'altération hydrothermale. Thèse doct.-ing., Lyon, 148 p.. *Doc. BRGM*, n° 54 (1983).

LOUGNON J. (1956) — Rapport général sur les gisements de manganèse en France. 20° Congr. géol. international, Mexico.

LOUVIRER M., MARGAT J. (1983) — France. Précipitations efficaces moyennes annuelles (1946-76). Rapp. BRGM 83 SGN 003 EAU.

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

MARTEAU P. (1983) — Le bassin permo-carbonifère d'Autun. Stratigraphie, sédimentologie et aspects structuraux. *Doc. BRGM*, n° 64, 198 p., 54 fig., 19 tab., 5 pl.

MÉTÉOROLOGIE NATIONALE — Monographie n° 91.

MICHEL-LÉVY A. (1880) — Sillimanite dans les gneiss du Morvan. *Bull. Soc. fr. min. et cristall.*, t. 3, p. 30-31.

MICHEL-LÉVY A. (1908) — Les terrains primaires du Morvan et de la Loire. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 120, t. XVII, 1907-1908, 297 p., 51 fig., 7 pl.

MICHEL-LÉVY A. (1908 a) — Métamorphisme et tectonique des terrains paléozoïques du Morvan et de la Loire. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 146, séance du 9 mars 1908, p. 1-3.

MICHEL-LÉVY A. (1926) — Les éruptions dacitiques et rhyolitiques de la fin des temps primaires dans le Morvan. *Bull. Volcanique*, t. 6, p. 57-63.

MOINE B. (1974) — Caractères de sédimentation et de métamorphisme des séries précambriennes épizonales à catazonales du centre de Madagascar (région d'Ambatofinandrahana). *Sci. de la Terre*, Nancy, mémoire n° 31, 293 p.

MONNIER M., STUSSI J.M. (1984) — Le bassin de Montreuilon (Nord-Morvan) : élément d'une association volcano-plutonique subalcaline hercyn-

nienne. Données géochimiques. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 298, série II, n° 14, p. 601-604, 3 fig., 1 tab.

MOREL B. (1976) – Les formations éruptives dévono-dinantiennes de la bordure ouest du bassin d'Autun (Saône-et-Loire, France). Thèse 3^e cycle, univ. Claude Bernard, Lyon, 116 p., 59 fig., 17 tab., 4 ann.

NACHIT H., RAZAFIMAHEFA N., STUSSI J.M., CARRON J.P. (1985) – Composition des biotites et typologie magmatique des granitoïdes. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 301, sér. II, n° 11, p. 813-818.

NECTOUX P. (1959) – Les « marbres » du Morvan. *Soc. hist. nat. Creusot*, t. XVII, n° 2, p. 29-33.

PACAUD G. (1972) – Autun, berceau de l'industrie schisteuse dans le monde. *L'Autunite*, n° spécial, Autun.

PAUL H. (1944) – Eine neue Tournai-Fauna aus dem nördlichen Morvan. Vorläufige Mitteilung. *N. Jb. Min. Geol. Paläont. Mh.*, B, 30-32, Stuttgart.

PEARCE J.A., CANN J.R. (1973) – Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19, p. 290-300.

PELLAT E. (1876) – Zone à *Avicula contorta*, infra-Lias et Lias inférieur de Mazenay ; Lias Moyen et Lias Supérieur de Rome-Château ; Lias et Calcaire à entroques de Nolay. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3^e série, t. IV, p. 705-718, pl. XXI.

PIN C., DUPUY C., PETERLONGO J.M. (1982) – Répartition des terres rares dans les roches volcaniques basiques dévono-dinantiennes du Nord-Est du Massif central. *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), t. XXIV, n° 4, p. 669-676, 3 fig., 1 ann.

PRUVOST P. (1947) – Art des Mines et Géologie. Bilan d'une collaboration. Congr. Centen. Assoc. Ing. Liège (AEILG), pp. 401-418, Liège.

SCANVIC J.Y., WEECKSTEEN G. (1980) – Carte des linéaments de la France d'après les images des satellites Landsat (1972 à 1976). *Doc. BRGM*, n° 14, 14 p., 1 carte.

SEDDOH F. (1973) – Altérations des roches cristallines du Morvan. *Mém. géol.*, Dijon, 377 p.

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. 637-644.

SRAE BOURGOGNE – CEMAGREF (1982) – Synthèse régionale des apports des petits cours d'eau de Bourgogne. Étude de leur potentialité hydroélectrique. Établissement public régional de Bourgogne.

STRECKEISEN A., LE MAITRE R.W. (1979) — A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. *N. Jb. Miner. Abh.*, 136, p. 169-206.

STRECKEISEN A. (1973) — IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks : classification and nomenclature of plutonic rocks. *N. Jb. Miner. Abh.*, 149-164.

TACNET G. (1981) — La vallée du Mesvrin. Note manuscrite communiquée par P. Nectoux. Assoc. départ. soc. scientifiques Saône-et-Loire.

TRINQUARD R. (1962) — Étude pétrographique et métallogénique de quelques chapeaux de fer du Morvan. Thèse 3^e cycle, Clermont-Ferrand, 64 p., 18 pl., 2 dépl.

TUTTLE O.F., BOWEN N.L. (1958) — Origin of granite in the light of experimental studies in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{KAlSi}_3\text{O}_8 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$. *Geological Soc. America*, mem. 74.

VACHARD D. (1976) — Microfaciès et micro-organismes des calcaires viséens de Cussy-en-Morvan. *Bull. Soc. hist. nat. et amis mus. Autun*, n° 77, p. 15-22, 3 fig.

VALETTE C.O. (1982) — Le gisement d'Argentolle (Saône-et-Loire, France). Symposium Orléans, 1982 : « Gîtes filoniens de basse température du domaine varisque d'Europe et d'Afrique du Nord ».

VALETTE C.O. (1983) — Karsts et filons à fluorine dans le faisceau synclinal du Morvan : le gisement d'Argentolle (Saône-et-Loire). Thèse 3^e cycle, Orléans. *Doc. BRGM*, n° 58, 299 p., 96 fig., 16 tab., 7 pl. h.t.

VIALETTE Y. (1965) — Granitisation hercynienne dans le Massif central Français. *Sci. de la Terre*, Nancy, t. 10, n° 3-4, p. 369-383, 6 fig., 6 tabl.

VIALETTE Y. (1973) — Age des granites du Massif central. *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. 15, n° 3-4, p. 260-270, 1 fig.

WEBER C. (1968) — Données géophysiques sur le prolongement du socle cristallin du Morvan sous les bordures sédimentaires. *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), X, p. 263-272, 3 fig.

WEBER C. (1975) — Le socle antétriasique sous la partie sud du Bassin de Paris. *Bull. BRGM* (2^e série), sect. II, n° 3 et 4, p. 219-343, 61 fig., 13 tabl., 2 pl.

WEYER D. (1965) — Etroeuungt im Morvan (Zeentralfrankreich). *Abhandlungen Z.G.I.*, 1, p. 290-302.

WINCHESTER J.A., FLOYD P.A. (1976) — Geochemical magma type discrimination : application to altered and metamorphosed basic igneous rocks. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 3, p. 459-469.

WINCHESTER J.A., FLOYD P.A. (1977) – Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chem. Geol.*, 20, (4), p. 325-344.

Cartes géologiques de la France à 1/80 000

Feuille *Autun* : 1^{re} édition (1881), par Aug. Michel-Lévy, F. Delafond ;
2^e édition (1940), par Alb. Michel-Lévy, P. Lemoine ;
3^e édition (1968), par H. Sanselme, R. Feys.

Feuille *Château-Chinon* : 1^{re} édition (1888), par Aug. Michel-Lévy, C. Vélain, F. Delafond ;
2^e édition (1937), par Alb. Michel-Lévy, J. Goguel ;
3^e édition (1965), par de nombreux auteurs, coordination partielle par O. Horon.

Carte géologique de la France à 1/50 000

Feuille *Château-Chinon* (1986), par H.G. Carrat, A. Lefavrais-Raymond.

Feuille *Dompierre-sur-Besbre* (1989), par J. Delfour, H.G. Carrat, L. Clozier, R. Feys, R. Fleury.

Feuille *Bourbon-Lancy* (1990), par J. Delfour, L. Clozier, H.G. Carrat, M.C. Maugenest.

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

Feuille *Strasbourg* (1982), coordination J. Méloux.

Carte des ressources minérales du Massif central à 1/1 000 000 (1979), par A. Emberger, J.J. Périchaud.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

Sur place, dans le Morvan

- Société d'histoire naturelle d'Autun, 15, rue Saint-Antoine, 71400 Autun.
- Muséum d'histoire naturelle d'Autun, 14, rue Saint-Antoine, 71400 Autun.
- Archives de l'Académie du Morvan, B.P. 44, 58120 Château-Chinon.
- Parc naturel régional du Morvan, Dun-les-Places, 58230 Montsauche.

Laboratoires d'universités

- Dijon, institut des sciences de la Terre, 6, boulevard Gabriel, Dijon.
- Orléans, département des sciences de la Terre, 45046 Orléans Cedex.
- 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.
- Paris, université P. et M. Curie, 4, place Jussieu, 75005 Paris.

Autres lieux d'information

- Société géologique de France, 77, rue Claude Bernard, 75005 Paris.
- Muséum d'histoire naturelle, laboratoire de pétrographie, 61, rue Buffon, 75005 Paris.
- Banque de données du sous-sol du BRGM, agence régionale Bourgogne, immeuble Caisse d'Épargne, 32, boulevard du Maréchal Joffre, 21100 Dijon ;
- BRGM, Maison de la Géologie, 77, rue Claude Bernard, 75005 Paris.

AUTEURS

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

- présentation, conditions d'établissement de la carte et histoire géologique : J. DELFOUR, L. CLOZIER, R. FEYS ;
- formations dévono-dinantiennes, géochimie des roches volcaniques, phénomènes géologiques, occupation du sol, documentation complémentaire : J. DELFOUR ;
- formations permienes : R. FEYS ;
- formations cristallophylliennes et granitiques : J. ARÈNE ;
- géochimie des roches cristallophylliennes et granitiques : B. LEMIERE ;
- formations sédimentaires mésozoïques : J.H. DELANCE ;
- formations sédimentaires cénozoïques : L. CLOZIER ;
- hydrogéologie : J. CORNET ;
- ressources minérales : J.P. CARROUÈ.

Coordination : J. DELFOUR.

ANNEXE 1 : ANALYSES CHIMIQUES DE GNEISS ANTÉDEVONIENS. ÉLÉMENTS MAJEURS.

N° éch.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	H ₂ O*
HGC 449	71,50	14,10	0,95	2,38	0,54	1,49	2,98	4,71	0,45	0,18	0,00
HGC 571	64,90	15,00	1,98	3,76	2,79	1,56	2,35	3,47	0,82	0,11	0,00
HGC 708	53,09	14,17	2,08	5,91	6,79	9,31	2,84	1,25	0,90	0,12	1,46
HGC 709	66,80	14,90	0,61	4,06	2,22	1,13	3,06	3,50	0,79	0,17	0,00
HGC 709C	71,90	15,40	0,46	0,83	0,49	0,49	2,30	5,10	0,13	0,14	0,00
HGC 709B	70,70	12,80	1,62	2,69	0,83	1,48	3,40	3,25	0,59	0,19	0,00
HGC 709D	71,60	14,00	0,65	2,23	0,93	0,93	2,51	5,52	0,37	0,16	0,00
JA 4A4	65,65	15,07	0,01	4,88	2,03	1,90	1,78	4,84	0,62	0,19	0,21
JA 4A5	70,18	15,09	0,01	1,50	0,39	1,72	3,24	5,70	0,24	0,24	0,14
JA 4A6	72,41	15,03	0,01	1,79	0,44	1,62	3,59	4,58	0,26	0,23	0,09
JA 5A16	68,07	14,43	0,27	3,78	1,64	2,04	3,98	4,11	0,75	0,26	0,00

Éléments majeurs exprimés en pourcent.

HGC : Échantillons de la feuille Autun (H.G. Carrat, 1969).

JA : Échantillons de la feuille Le Creusot. Analyses par fluorescence X, département Analyses (BRGM), Orléans.

ANNEXE 2 : ANALYSES CHIMIQUES DE ROCHES CARBONIFÈRES

Types pétrographiques et localisation

Roches volcaniques et subvolcaniques du Tournaisien et Viséen inférieur

- AU2S-442 Microdiorite. Le Rebut, 1,5 km au NE du mont Beuvray.
AU3N-11 Gabbro. Sénavelle, 2,1 km au ENE de La Grande-Verrière.
AU1S-885 Basalte. 1 km au NNW du mont Beuvray.
AU1S-889 Andésite. 500 m W du mont Beuvray.
AU1S-96 Tuf rhyo-dacitique potassifié. Malvaux, 2,2 km au SW du mont Beuvray.
AU1S-851 Brèche ignimbritique rhyodacitique. Malvaux, 1,1 km au SSW du mont Beuvray.

Roches volcaniques et subvolcaniques du Viséen supérieur

- AU1S-115 Tuf ignimbritique rhyodacitique. Les Pierres-Blanches, 4 km au NE de Larochemillay.
AU1S-139 Tuf ignimbritique rhyodacitique. Les Fraichots, 3,7 km au NW de Larochemillay.
AU1N-3 Tuf ignimbritique rhyodacitique. 4 km au NE de Villapourçon.
AU1N-7 Tuf ignimbritique rhyodacitique. 3,8 km au ESE de Villapourçon.
AU1N-95 Tuf ignimbritique rhyodacitique. 2,3 km au NE de Villapourçon.
AU1N-202 Microgranite. 300 m S de Villapourçon.
AU2N-67B Microgranite. 1,1 km N de Saint-Prix.
AU1N-78 Granophyre. 3,7 km au NE de Villapourçon.

Roches granitiques du Carbonifère supérieur

- JA 2B1 Granite de Luzy.
JA 3C 10 Granite de Mesvres.
JA 3C 14 Granodiorite de Saint-Didier-sur-Arroux.
JA 3D 18 Granodiorite de Saint-Didier-sur-Arroux.
JA 3D 1A Granite de Mesvres.
JA 4C 9 Granite de Mesvres.
AU1S-1010 Microgranite-granophyre, 1 km NNE des Vieilles-Maisons.
AU1S-1043 Microgranite-granophyre, 3 km NNE de Larochemillay.
AU5N-67 Microgranite-granophyre, Rivière, 4 km, SW de Larochemillay.

**Composition chimique des roches volcaniques et subvolcaniques
du Tournaisien—Viséen inférieur et Viséen supérieur. Éléments majeurs**

N° éch.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	PFeu
AU2S-442	54,00	0,78	17,90	9,35		0,24	4,30	9,30	2,05	1,10	0,11	1,25
AU3N-11	46,00	0,93	18,92	11,70		0,21	6,22	9,45	1,84	1,81	0,30	2,49
AU1S-885	47,00	0,85	16,84	11,97		0,61	7,41	9,40	1,51	1,87	0,30	2,87
AU1S-889	57,10	0,82	15,12	6,51		0,11	6,35	4,26	2,12	3,63	0,19	3,05
AU1S-96	65,90	0,60	16,34	3,11		0,12	1,53	1,78	3,69	5,01	0,15	0,96
AU1S-851	64,80	0,70	16,11	4,78		0,19	2,57	1,01	2,11	4,25	0,19	2,46
AU1S-115	63,60	0,72	16,90	0,65	3,50	0,14	2,75	2,60	2,90	4,15	0,20	
AU1S-139	65,00	0,64	16,45	3,05	1,20	0,14	2,40	2,10	3,35	3,90	0,16	
AU1N-3	65,80	0,57	16,40	3,80		0,08	1,88	2,21	3,11	4,71	0,20	1,61
AU1N-7	64,70	0,66	16,34	4,82		0,11	1,82	2,50	2,89	3,70	0,16	1,71
AU1N-95	64,50	0,62	16,06	4,55		0,08	2,12	2,30	2,79	4,38	0,20	1,49
AU1N-202	74,30	0,17	12,98	2,64		0,04	0,63	0,51	2,88	4,78	0,09	0,51
AU2N-67B	69,90	0,45	14,70	3,17		0,06	1,33	1,35	3,46	4,26	0,17	1,11
AU1N-78	70,70	0,32	15,19	2,59		0,06	1,02	0,86	3,07	4,38	0,17	1,33

Éléments en traces

N° éch.	Zr	Y	Nb	Sr	Rb
AU2S-442	101	24	5	452	117
AU1S-885	69	23	4	975	133
AU1S-889	177	25	13	417	191

Éléments majeurs exprimés en pourcent : analyse par fluorescence X, département Analyses (BRGM).

Éléments en traces exprimés en ppm : analyse par fluorescence X, laboratoire de géologie, université Claude Bernard, Lyon. Analyste : J.C. Germanique.

Composition chimique des granitoïdes namuro-westphaliens du batholite de Luzy. Éléments majeurs

N° éch.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
JA 2B1	73,72	14,63	0,15	1,21	0,54	0,37	3,55	4,33	0,16	0,16
JA 3C10	72,10	15,29	0,35	1,32	0,56	0,92	3,28	4,69	0,16	0,17
JA 3C14	50,69	16,19	2,78	6,45	8,84	7,61	2,48	1,34	1,04	0,15
JA 3D18	51,29	17,47	2,00	6,52	6,13	7,15	4,06	2,64	1,05	0,32
JA 3D1A	65,15	16,49	0,51	3,26	2,13	3,32	3,10	4,02	0,64	0,29
JA 4C9	71,06	15,19	0,01	2,15	0,83	1,37	3,19	4,96	0,54	0,28

Composition chimique des microgranites-granophyres postérieurs au granite de Luzy. Éléments majeurs

N° éch.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ X	Fe ₂ X	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	PFeu
AU1S 1010	74,4	0,10	14,03	1,51	0,06	0,20	0,43	3,19	4,31	0,16	0,83
AU1S 1043	73,8	0,15	14,25	1,30	0,04	0,27	0,35	3,06	4,72	0,16	1,04
AU5N 67	73,5	0,17	14,33	1,49	0,04	0,29	0,33	2,98	4,62	0,15	1,19

Éléments majeurs exprimés en pourcent : analyses par fluorescence X, département Analyses (BRGM), Orléans.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Le Prabis Filon Trinquart n° 18 de Champ-Robert	1.4001	Cu, Mn, Pyr	Quartz Pyrite Limonite Manganèse Hématite Magnétite Chalcopryrite Blende Pyrrhotite Malachite	Filon 180° Puissance : 12 à 15 m Chapeau de fer	Schiste Mylonite Microgranite	Anciennes carrières, puits et galeries. Production 1852 à 1855 : 1 500 t de pyrite, 1919 à 1922 : 500 t de pyrite. Prospection BRGM : géochimie, géophysique, sondages percutants.
L'Échenault	1.4002	Fe	Quartz Limonite Hématite	Chapeau de fer sur filon	Mylonite Grès	BRGM 1960-1970, prospection marteau, alluvionnaire, géochimie stratégique.
Argentolle	1.4003	F, Pb, Ba	Quartz Fluorine Barytine Galène Pyromorphite Pyrite Chalcopryrite Cérusite	Filon et amas	Tuf, schiste Microgranite Calcaire	Puits, galeries, exploitation à ciel ouvert. Exploité par la Compagnie française de Mokta. Production de 1975 à 1984 estimée à 100 000 t de minerai à 55 % de fluorine.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
La mine du Puits	1.4004	Pyr, Mn	Pyrite Wad	Disséminé	Calcaire sur schiste et grès viséens, pétilite, chertytufite, microgranite, rhyolite	Ancienne carrière pour marbre. 1 puits. BRGM 1968-70 : Prospection alluvionnaire et géochimique.
Champ-Robert Ouest	1.4005	Pyr, Mn, Cu	Quartz Barytine Pyrite Pyrrhotite Chalcopyrite Hématite Martite Wad Limonite	Champ filonien	Schiste Mylonite	Ancienne exploitation de pyrite. Travaux de recherche BRGM de 1960-1980.
Bois de Mary	1.4006	F, Mn	Quartz Fluorine Wad Pyrite	Amas	Andésite Tuf	Travaux BRGM 1968-1970 : Prospection marteau, alluvionnaire, géochimie, tranchée. 1972 : S.M.E.F., sondages percutants
La Croix-des-Cerisiers	1.4007	F	Quartz Fluorine	Amas	Andésite, grès	Tranchées et sondages percutants. Teneurs voisine de 10 % Ca F ₂ sur des passées de 10 à 15 m.
Moulin de la Rangère Dragne	1.4008	F	Quartz Fluorine	Filon Puissance : 0,1 à 0,25 m	Tufs viséens	Un petit filon au front de taille d'une carrière. Prospection géochimique.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Les Pierres-Blanches Forêt de Chatillon	1.4009	Pyr, Mn, Pb, Zn	Quartz Pyrite Wad Galène Blende	Amas	Volcanite Microgranite	Prospection 1961-78 BRGM : alluvionnaire, géochimique, géophysique, sondages percuteurs et carottés. Teneur maxi en sondages carottés, Pb, 6,9 %, Zn 0,6 %.
Les Fraichots Sondage S 34	1.4010	Pyr, Mn, Pb, Zn	Quartz Pyrite Oxyde Fe, Mn Galène Blende Chalcopyrite	Amas	Tuf, rhyolite Microgranite	Les différents travaux de reconnaissances délimitent un petit corps minéralisé de 200 m de puissance métrique dont les teneurs Pb + Zn + Cu atteindraient 5 à 10 %.
La Voie-Romaine L'Echard-de-Chevet	1.4011	Pyr, Mn, Pb, Zn	Quartz Barytine Fluorine Pyrite Hématite Oxyde de manganèse Galène Chalcopyrite Blende Scheelite	Amas	Tuf, rhyolite Microgranite	Indice du type Les Fraichots teneurs en sondages percuteurs Pb : 0,05 %, Zn : 0,02 %, Cu : 0,01 %.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Saure Soret	1.4012	Pyr, Mn, Fe	Quartz Barytine Fluorine Pyrite Hématite Oxyde de Manganèse Galène Chalcopryrite Blende Scheelite	Amas et Filonnets	Volcanite du Viséen	Teneurs en sondages percutants Pb : 0,08 %, Zn : 0,01 %, Cu : 41 ppm.
Les Creux	1.4013	Fe	Quartz Limonite Oxyde de Mn	Chapeau de fer sur filon	Schiste à filons de microgranite et quartz	2 fouilles en partie remblayées de 100 et 350 m ³ . Exploitation ancienne de fer.
Les Molerats La Reinge	2.4001	F, Pb, Ba	Quartz Fluorine Barytine Galène Pyromorphite Mimétite Prixite Chrysocolle Leadhillide Wulfenite Anglésite Cérusite	Filon 20° Pendage 80° Puissance : 0,8 à 2 m	Tufs, rhyolite, Microgranite	Une première exploitation de 1785 à 1796 : 1 puits de 20 m et 30 m de galeries. Reprise de 1858 à 1909 : 2 niveaux de galeries. Production totale estimée à 25 000 t de Ca F ₂ et 2 000 t Pb. Travaux BRGM 1959-1961 : géochimie, 19 tranchées, puits de 80 m, traçage à - 36 m : 193 m, traçage à - 76 m : 211 m. Reprise CFMU en 1970. Travaux éboulés et noyés.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
La Boula	2.4002	Mn, Fe	Quartz Argile Limonite Wad	Amas	Tuf et intrusions de microgranite	Carrières, Puits, galeries, exploitation 1914-1918, reprise en 1943-1949. Extraction de 5 200 t de minerai à 15-20 % Mn, 12 % SiO ₂ , 4-5 % Al ₂ O ₃ , 20 % Fe.
Moiron-Chevigny Saint-Léger-sous-Beuvray	2.4003	U	Autunite Chalcopyrite	Filon	Granite	Radiométrie, tranchées, sondages CEA vers 1950.
Le Crot-au-Meunier	2.4004	Pb	Quartz Cérusite Oxydes Fe, Mn	Filon Disséminé	Tuf, microgranite	Prospection marteau. Indices faibles et dispersés.
Les Barbiers	2.4005	F	Quartz Fluorine	Filon 45°	Tuf, microgranite	Tranchées et sondages, CFMU.
Montberger	2.4006	Fel	Feldspath	Amas	Granite Leucogranite	Passage de granite à gros feldspaths.
Les Chevrots Jolivain	3.4001	Pb, F, Cu, Ba	Quartz Fluorine Barytine Argile Galène Cérusite Malachite Azurite	Filon 45° Puissance : 0,5 à 1 m	Tufs viséens	Travaux de 1776, tranchées, amorce de galerie. Travaux BRGM : prospect alluvionnaire, géochimie, tranchées.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Les Renauds Recherche de Vauteau	3.4002	Cha	Houille	Stratiforme	Schiste, grès, argile	Travaux de recherche en 1857.
Les Perrots	3.4003	Fe, Pyr	Quartz Hématite Limonite Oligiste Pyrite	Chapeau de fer	Tufs viséens	Haldes visibles, fouilles en 1960 par le BRGM.
Les Jeannots Laizy	3.4004	U	Quartz Autunite	Filon	Leucogranite	Divers travaux du CEA en 1946-49.
Les Vernattes Les Vernois	3.4005	As	Mispickel	Filon	Granite	Indice non retrouvé. Position imprécise, cité pour mémoire.
Les Airelles	3.4006	Pyr, Fe	Quartz Pyrite Hématite Magnétite Martite Chalcopyrite Covelline Gœthite Limonite	Filon avec chapeau de fer	Lambeau de tuf viséen sur granite	Exploitation (2 carrières) du chapeau de fer à ciel ouvert puis par galeries à 2 niveaux. Prospection BRGM 1960-1973.
Les Arbres	3.4007	Be	Béryl	Dissiminé	Leucogranite	Anomalie 40 g/t Be dans une zone à teneur moyenne de 8,23 g/t.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
La Roche-au-Loup	3.4008	Ba	Quartz Barytine	Filonnet	Granite	Simple indice.
Les Grivaux	3.4009	Ba, F	Quartz Barytine Fluorine Galène	Filon 90°	Leucogranite	Remplissage de fracture en bordure du bassin permien. Sondages hydrofore.
Les Tardes	3.4010	Be	Béryl	Disséminé	Leucogranite	Grattages, échantillonnage.
Cortecloux	3.4011	Cha	Houille	Stratiforme	Schiste, grès	Un puits autre foncé aurait recoupé un gîte charbonneux.
Beujard Beugard	3.4012	Cha	Houille	Stratiforme	Schiste, grès	Puits de 95 m foncé en 1879.
Les Rivaux	4.4001	Pb, Cu	Quartz Pyrite Chalcopyrite Galène Covellite	Filonnet	Granite gneissique Pegmatite	Plusieurs fouilles en 1655 et 1824. Prospection marteau et géochimie, BRGM 1960-68.
Montjeu	4.4002	Be	Quartz Béryl Tourmaline Grenat	Filon 279° Pendage 45° Puissance : 0,5 m	Leucogranite Pegmatite	Tranchée longue de quelques mètres, profonde de 1,5 m. Découverte d'émeraude en 1890.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Ornez Puits d'Ornay	4.4003	Cha	Houille	Stratiforme	Schiste	Un puits de 70 m a été foncé en 1857 – 2 travers-bancs ouverts aux niveaux 36,5 et 68 m ont trouvés un mélange de schistes et de houille broyés.
La Verrerie	4.4004	Bit	Bitume Goudron	Stratiforme	Schiste	Un puits de 153 m creusé en 1837. Exploitation de schiste bitumineux.
Les Charlots	4.4005	Ba, F	Quartz Fluorine Barytine	Filon 360° Pendage : 70 à 90	Leucogranite	Travaux de recherche BRGM 1961-70 : prospection marteau, géochimie, tranchées.
Runchy	4.4006	Ba, F	Quartz Barytine Fluorine Galène Cérusite	Filon 350° Puissance : 2 m Stratiforme	Arkose, grès	Prospection BRGM, stratégique géophysique, sondages percutants..
Guénan	4.4007	Ba, F	Barytine Fluorine Pyrite	Filonnet Stratiforme	Calcaire et grès sur leucogranite	Les travaux ont délimités un panneau contenant 1 à 2 % de BaSO ₄ et 2 à 7 % de CaF ₂ .
Saint-Blaize	4.4008	Cha	Houille	Stratiforme	Schiste, grès	1807 : 1 puits de 88 m, et 90 m de galeries. 2 couches de houille à 27,7 % de M.V. et 72 % de C.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Margenne	4.4009	Cha, Bit	Bitume Boghead	Stratiforme	Schiste bitumineux	Exploité de 1841 à 1957. Production de 15 Mt. Teneur en huile des schistes 40 à 100 litres/t. Plusieurs puits, usine de traitement.
Hauterive Puits d'Alligny	4.4010	Bit	Bitume Boghead	Stratiforme	Schiste bitumineux	Exploitation abandonnée en 1870.
Le Ruet – Le Marbre	4.4011	Bit	Bitume Boghead	Stratiforme	Schiste bitumineux	Exploité de 1861 à 1892. Teneur 52 et 60 litres d'huile à la tonne.
Faubourg Talus	4.4012	Sn	Cassitérite Scheelite Monazite	Placer	Sable, gravier permien à l'aval du leucogranite	Gravier minéralisé de faible épaisseur. Teneur moyenne 520 g/m ³ .
Couard, Couhard	4.4013	U, Pb, F	Kaolin Pyrite Galène Fluorine Barytine Mimétèse Autunite Oxyde Mn Dioptase	Disséminé	Leucogranite	Anciennes carrières, la minéralisation est en enduits et en remplissage de petites fractures..
Champ-de-Pierre	4.4014	Ba, F	Barytine Fluorine Galène	Filon et stratiforme	Arkose	Lambeau liasique sur leucogranite. Les 2 sondages exécutés ne montrent que des traces de fluorine, et 3 % de barytine.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Corcelles	4.4015	Ba, F	Barytine Fluorine	Filon et stratiforme	Arkose	7 sondages percutants. Teneur barytine + fluorine = 1 à 5 %.
Puits des Cours	4.4016	Bit	Schistes Bitumineux	Stratiforme	Schiste	2 puits peu profonds.
Les Herards Le Grand-Montigny	5.4001	F, Ba, Pb	Quartz Fluorine Barytine Galène Chalcopyrite Mispickel Pyromorphite	Filon 355° Pendage : 55 à 90° Puissance : 0,8 à 1 m.	Mylonite Granite	Prospection BRGM : géochimie, alluvionnaire, marteau, tranchées, géophysique, sondages percutants.
La Verne Auvergne	5.4003	Pyr, Mn	Quartz Pyrite Oxyde Fe, Mn	Filonnet	Tuf, schiste, grès	Travaux de recherche 1960-70
Les Pouillas	5.4003	As, Sb	Quartz Mispickel Scheelite Antimonocre	Filon 310°	Granite	Échantillonnage, Prospection géochimique et alluvionnaire.
Le Montrond Champ-Joly	5.4004	Fe, Ba	Quartz Limonite Barytine	Filon	Granite	Anciennes fouilles pour le fer. 2 tranchées de reconnaissance.
Les Brûlés	5.4005	F	Quartz Fluorine	Dissiminé	Granite	Indice reconnu par géophysique et sondages percutants.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
La Creusille	5.4006	U	Quartz Pechblende Parapechblende	Filon	Granite	Travaux CEA vers 1950.
Moulin-Jouleaux Les Gathey	6.4001	Pb, U	Quartz Pyromorphite Galène Cérusite Autunite	Filon	Granite	Tranchées en 1904. Prospection alluvionnaire et géochimique en 1961-63.
Solve, La Croûte	6.4002	Pb, F, Cu	Quartz Fluorine Galène Cérusite Pyrite Malachite Azurite	Filon 180° Puissance : 0,6 à 1,5 m	Granite	Tranchées, décapages, géochimie, sondages percutants.
St-Didier-sur-Aroux	6.4003	Pb, F	Quartz Fluorine Galène	Filon	Granite	Indice non retrouvé. Position imprécise.
Beaujard, Thil-sur-Aroux	6.4004	Pb	Quartz Galène Cérusite Pyromorphite	Filon 350° Puissance : 1 à 2 m	Granite Mylonite, brèche	Reconnaissance en 1960. 6 tranchées exécutées en 1971.
Poil	6.4005	Sn	Cassitérite	Placer	Granite à intrusion de pegmatite	Petit flat légèrement minéralisé.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Étang de Bosson	6.4006	Sn	Cassitérite	Placer	Granite à intrusion de pegmatite	Puissance du gravier égale à un mètre.
Patigny	6.4007	F	Quartz Fluorine Pyrite	Filon N-S Pendage Est Puissance : 0,1 à 2 m	Mylonite Granite	Puissant passage de faille à remplissage d'encaissant, minéralisation dans les diaclases. Tranchées de recherche.
Les Mondevelles	6.4008	Sn	Cassitérite	Placer	Granite	360 à 470 g/m ³ . Recouvrement 1,25 m. Gravier de base 0,85 m.
Chaumont	7.4001	Fel	Feldspath Mica	Amas	Leucogranite	Importante exploitation de feldspath sodipotassique. Carrière autrefois exploitée pour moellons et pierres de taille.
Les Blondeaux	7.4002	Sn	Cassitérite Scheelite Monazite	Placer	Placage alluvionnaire sur granite	Une forte teneur (1 800 g/m ³) a été obtenue sur un ruisseau qui pourrait avoir reconcentré des teneurs plus faibles.
Fougerette	7.4003	Be	Béryl	Disséminé	Granite Pegmatite	Grattages, échantillonnage.
Bois de Champ-Rond	8.4001	P, Be, W	Quartz Apatite Wolframite Béryl	Filon	Leucogranite Pegmatite	Prospection alluvionnaire, géochimique, échantillonnage
Les Roulots La Chapelle-sous-Uchon	8.4002	U	Quartz Autunite	Filon 165°	Leucogranite Pegmatite	Prospection CEA vers 1950.

ANNEXE 3 : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
Charmasse	8.4003	Be	Quartz Tourmaline Béryl	Disséminé	Leucogranite Pegmatite	Échantillonnage après décapage.
Le Tronchet	8.4004	W	Quartz Wolfram	Disséminé	Granite	Indice de la carte géologique 1/80 000, non retrouvé.
Arnaud	8.4005	Be	Quartz Béryl	Disséminé	Gneiss Pegmatite	En 1900 « Abondante cueillette dans un champ ».
Les Vignes	8.4006	P	Apatite	Inconnu	Granite	Indice de la carte géologique 1/80 000. Non retrouvé.
Coux	8.4007	W	Quartz Scheelite Pyrite Wolframite Tourmaline	Stockwerk	Granite	Indice découvert à partir d'une prospection alluvionnaire. Géochimie, tranchées.
Lativelet La Thivelay	8.4008	P	Apatite Grenat Phlogopite	Filon et disséminé	Leucogranite	Prospection alluvionnaire et géochimique.