



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

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

MOULINS

XXVI-27

MOULINS

La carte géologique à 1/50 000
MOULINS est recouverte par les coupures suivantes
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :

- au nord-ouest : ST-PIERRE (N° 135)
- au nord-est : AUTUN (N° 136)
- au sud-ouest : MOULINS (N° 146)
- au sud-est : CHAROLLES (N° 147)

*Sologne
Bourbonnaise*

LURCY- -LÉVIS	DORNES	BOURBON- -LANTY
BOURBON- -L'ARCHAMBAULT	MOULINS	DOMPIERRE- -SUR-RESBRE
MONTMARIAULT	ST-POURÇAIN- -SUR-SOULE	LE DONJON

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



NOTICE EXPLICATIVE

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION	2
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	2
<i>PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	2
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE</i>	2
DESCRIPTION DES TERRAINS	3
<i>FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES ET ÉRUPTIVES ANTÉ-DINANTIENNES</i>	3
<i>FORMATIONS SÉDIMENTAIRES PALÉOZOÏQUES</i>	5
<i>FORMATIONS SÉDIMENTAIRES OLIGO-MIOCÈNES</i>	8
<i>FORMATIONS DES SABLES ET ARGILES DU BOURBONNAIS (PLIO-QUATÉRNAIRE)</i>	14
<i>COLLUVIONS ET COMPLEXES DE FORMATIONS SUPERFICIELLES</i>	19
<i>FORMATIONS ALLUVIALES ET DÉPÔTS QUATÉRNAIRES ASSOCIÉS</i>	19
GÉOLOGIE STRUCTURALE – TECTONIQUE	21
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	22
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	22
<i>RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES</i>	25
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	26
<i>SITES CLASSIQUES</i>	26
<i>COUPES RÉSUMÉES DES PRINCIPAUX SONDAGES</i>	26
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	28
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	31
AUTEURS	32

INTRODUCTION

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Après une préparation photogéologique effectuée par B. Koch (B.R.G.M.), les levés de terrains, coordonnés par D. Giot (B.R.G.M.) ont été exécutés en 1973 : pour le socle paléozoïque par P. Gentilhomme (collaborateur), pour les sédiments oligocènes par D. Giot, pour les formations du Bourbonnais par R. Bouiller (B.R.G.M.) et L. Clozier (B.R.G.M.) et pour les dépôts alluviaux par R. Fleury (B.R.G.M.).

Dans les formations sédimentaires tertiaires et quaternaires, un effort tout particulier a été apporté à la définition et à la cartographie d'ensembles lithologiques dont l'observation systématique a été réalisée soit sur des affleurements (naturels ou le plus souvent occasionnels), soit à l'aide de sondages courts à la moto-tarière dans les formations meubles.

PRÉSENTATION DE LA CARTE

La feuille Moulins s'inscrit dans la zone occidentale de la Sologne bourbonnaise, en bordure du socle paléozoïque (Tréban—Bourbon-l'Archambault) largement étendu sur les feuilles voisines Bourbon-l'Archambault (597) et Montmarault (620).

La Sologne bourbonnaise et son prolongement méridional la Limagne bourbonnaise s'intègrent dans le bassin d'effondrement oligocène de Moulins.

A l'exception du contrefort septentrional estompé, constitué de formations cristallines, cette région présente l'aspect d'un plateau très dégradé, entaillé de nombreux vallons et de vallées au cours sinueux.

Les couches géologiques superficielles, constituées pour l'essentiel par des formations meubles et imperméables argilo-sableuses ont donné naissance par érosion à des reliefs mous. Les sols peu propices à la culture sont couverts en majorité de prés et de bois. De nombreux étangs sont implantés dans le cours supérieur des vallons.

Le plateau d'altitude moyenne 290 m au Sud, 270 m au Nord est entaillé sur une largeur de 3 à 4 km par la vallée de l'Allier dont le tracé nord-sud, dans la moitié méridionale, s'infléchit vers l'Ouest dans la moitié septentrionale de la carte.

Cette vallée profonde (l'altitude moyenne du lit vif est respectivement de 215 m au Sud et 198 m au Nord) présente une dénivelée d'environ 75 m par rapport au plateau.

Siège d'une implantation humaine relativement dense, notamment à Moulins et ses environs, elle constitue une voie d'accès naturelle aux ressources importantes en matériaux (sables et graviers) et aux sols alluviaux fertiles.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Établir l'histoire géologique de la région de Moulins implique que l'on déborde légèrement du cadre de la feuille, vers l'Ouest notamment.

Dans cette direction, les roches les plus anciennes reconnues appartiennent à une série très métamorphique constituée par des gneiss à cordiérite et biotite datés à 640 MA près d'Aubusson et Neuvie (Briovérien probable) et de granite à biotite dont l'âge (anté-dinantien) et les relations avec les gneiss sont encore mal connus.

Au Carbonifère, des mouvements tectoniques (orogénèse hercynienne) ont provoqué la surrection de reliefs et l'individualisation de bassins qui ont été le siège d'une sédimentation continentale essentiellement détritique avec intercalations de produits volcaniques divers et de couches de houille.

Dans le bassin le plus proche de Moulins, à Noyant (Sillon houiller), seuls sont connus les dépôts du Stéphaniens moyen (B) sur lesquels reposent en légère discordance

des sédiments permien (Autunien) constitués de grès, d'arkoses à passées de charbons et de schistes bitumeux à la base et de minces barres calcaires à divers niveaux.

Les sédiments autuniens dont la répartition déborde largement celle des dépôts stéphaniens sont représentés dans l'angle nord-ouest du territoire de la feuille, à Montilly et Coulandon par des arkoses et des grès.

Alors que vers le Nord (Bassin de Paris) les sédiments du Secondaire sont largement représentés, ceux-ci sont inexistantes en Limagne ou tout au plus représentés dans les sédiments récents par des silex dont l'origine précise reste très hypothétique.

Dans la région intéressée, il faut attendre la fin de l'Éocène et l'Oligocène pour voir, sous l'influence des mouvements orogéniques alpins, s'individualiser de larges fosses subsidentes dans lesquelles vont s'accumuler d'épaisses séries détritiques et carbonatées.

Dans la fosse de Moulins, prolongement nordique de la grande Limagne, des sondages ont révélé la présence de 600 m environ de sédiments tertiaires attribués à l'Éocène terminal, à l'Oligocène et à la base du Miocène. Ces dépôts, essentiellement fluviolacustres, montrent au Stampien une tendance lagunaire.

Après l'assèchement des lacs *aquitaniens* dans lesquels se sont élaborés d'énormes masses de récifs algaires, nous ne connaissons pratiquement pas, dans le cadre de la feuille, des dépôts attribuables au Miocène post-aquitainien comparables aux sables fluviatiles de la région clermontoise (sables feldspathiques burdigaliens, sables à chailles *pontiens*). Dans le bassin de Moulins, l'unique dépôt connu de cette période est constitué par les sables fossilifères piégés dans une cavité karstique de la région de Givreuil, attribués anciennement à l'Helvétien.

Au Pliocène et à la base du Villafranchien, des dépôts détritiques fluviatiles et lacustres, considérables par leur épaisseur et la surface qu'ils couvrent, se sont répandus dans les dépressions et tout particulièrement dans les Limagnes. La région de Moulins doit à cette formation dite des *sables et argiles du Bourbonnais* ses principales caractéristiques.

Au cours du Quaternaire, l'encaissement progressif des cours d'eau est à l'origine du dépôt de terrasses étagées. Le modelé du relief actuel, lié en majeure partie à l'action de mécanismes alluviaux, résulte également de l'intervention des divers processus de dégradation périglaciaire ; ceux-ci, par colluvionnement ou solifluxion, sont à l'origine du déplacement sur les pentes des matériaux meubles.

DESCRIPTION DES TERRAINS

FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES ET ÉRUPTIVES ANTÉ-DINANTIENNES

Généralités

Les formations du *socle* portent le point culminant de la feuille : 312 mètres, à 1 km au Nord-Ouest de Bresnay ; leur altitude n'est que rarement inférieure à 280 mètres.

Les vallées, peu encaissées, à l'exception de celle du ruisseau de Bresnay, sont uniformément orientées ouest-est et cloisonnent le socle en panneaux faiblement pentés vers l'Est.

L'importance des affleurements demeure très modeste, tant sous l'aspect de la superficie, moins de 3 kilomètres carrés, qui ne permet guère l'individualisation d'un paysage cultural autonome, que sous celui de la lithologie : deux types de roches seulement interviennent dans sa constitution : granite à biotite et gneiss à biotite et cordiérite.

Description des formations

γ_b^3 , $\mathcal{A}\gamma_b^3$. **Granite à biotite.** Le granite sain affleure rarement (thalwegs des ruisseaux de Bresnay et de La Roche) ; il s'agit d'une roche d'un gris soutenu, à grain moyen (0,5 à 2 mm), dépourvue de phénocristaux et de porphyroblastes, riche en biotite régulièrement dispersée. La texture est équilibrée.

Généralement, les affleurements ne montrent qu'un manteau d'arène gris rosé, dont l'épaisseur peut atteindre 2 mètres ($\mathcal{A}\gamma_b^3$).

En plaque mince, la composition minéralogique est la suivante :

- quartz interstitiel assez abondant,
- orthoclases très altérés : microcline et (?) orthose,
- oligoclases bien maclés, opacifiés,
- biotite abondante, en lattes rarement chloritisées, pouvant s'organiser en cloisons,
- apatite et zircon,
- myrmékites.

Elle correspond à celle d'un granite monzonitique banal.

La présence de cordiérite, bien que constatée une seule fois, mérite d'être notée : elle indique la proximité du granite à cordiérite et biotite, qui représente, comme le granite à biotite seule, l'un des faciès du massif granitique de Tréban, vaste ensemble s'étendant essentiellement sur le territoire des feuilles limitrophes Bourbon-l'Archambault et Montmarault.

Des enclaves surmicacées, décimétriques, à contours arrondis, ne sont fréquentes que dans les affleurements les plus septentrionaux (étangs de Puisanges, $x = 669,5$; $y = 167,0$).

Le granite contient en outre de minces filons (de puissance centimétrique), discontinus, de quartz blanc massif et d'aplates.

ζ_{b-c}^3 , $\mathcal{A}\zeta_{b-c}^3$. **Gneiss à cordiérite et biotite.** Ce type pétrographique n'est représenté que par un panneau très exigu, bordant localement le granite à biotite.

Cette disposition en auréole autour du granite de Tréban est plus constante et typique sur les bordures orientale et méridionale de ce massif (feuilles Saint-Pourçain-sur-Sioule et Montmarault).

À l'affleurement, cette roche est de teinte vert brunâtre, d'aspect grenu, massive, sans foliation ni litage. L'altération s'y développe toujours de façon intense ; une patine ferrugineuse est fréquente ($\mathcal{A}\zeta_{b-c}^3$).

L'assemblage minéralogique est d'une assez remarquable constance ; il comprend :

- quartz peu abondant,
- plagioclase très fortement altéré (oligoclase ?),
- cordiérite : espèce quantitativement dominante, en grains arrondis opacifiés par l'altération, parfois suturés entre eux : les autres minéraux sont alors ensermés par un maillage de cordiérite,
- biotite en quantité importante, largement pseudomorphosée par des chlorites déchiquetées,
- muscovite irrégulièrement distribuée, secondaire, à habitus diablastique ou gerbé,
- séricitisation localement intense,
- zircon fréquent, le plus souvent métamicté (malacon) ;
- apatite.

La texture est panxénomorphe à dominante granoblastique.

Aucune fracture importante n'a pu être décelée, sur le terrain ou par interprétation stéréoscopique, dans le socle ; les gneiss à cordiérite et biotite, dépourvus de surfaces d'anisotropie (litage, foliation), ne montrent pas de structures plissées.

$C\gamma$. **Colluvions.** Les produits, généralement peu remaniés, de l'altération des formations cristallines, ont été regroupés sous le même figuré sans distinction

d'origine. Ils donnent naissance à des accumulations de versants et de bas-fonds, argilo-sableuses, plus ou moins riches en fragments anguleux de roche. Les faciès les plus argileux sont parfois appelés localement *gore*.

FORMATIONS SÉDIMENTAIRES PALÉOZOÏQUES

Sur le territoire de la feuille, les dépôts paléozoïques ne comprennent que des formations détritiques. Leurs rapports avec les niveaux antérieurs peuvent être observés dans le périmètre des feuilles occidentales Bourbon-l'Archambault et Montmarault. Alors que les dépôts carbonifères (Stéphaniens B) sont limités à des petits bassins circonscrits ou au Sillon houiller dont le prolongement se perd sous la Limagne (Coulandon), les sédiments continentaux autuniens présentent une aire de répartition bien supérieure, largement transgressive sur le socle anté-dinantien (bassin de Buxières—Bourbon-l'Archambault).

Très diversifiées sur les feuilles voisines, ces formations ne sont ici représentées que par deux horizons : l'un à Coulandon, rattaché (d'après les anciennes éditions à 1/80 000) au niveau des grès et arkoses de Bourbon, l'autre à Montilly attribué au niveau terminal des grès rouges.

Succession lithostratigraphique des formations permienes du bassin de Buxières—Bourbon-l'Archambault proposée par de Launay (1888) :

- grès rouges . . . niveau de Montilly ?
- arkose de Cosne (*),
- grès argileux micacés,
- grès et arkoses de Bourbon . . . niveau de Coulandon ?
- grès à charbon et schistes bitumineux de Buxière.

hr. **Arkoses de Coulandon. Stéphano-Autunien.** Dans les anciennes carrières de Coulandon, sous les marnes oligocènes transgressives, il est encore possible d'observer une formation très cohérente, litée, parfois à strates obliques, constituée de conglomérats, de grès et de silts de teinte grise à beige. Le degré de grésification, variable selon les bancs, est le plus souvent élevé (grès quartzite).

L'analyse minéralogique (RX) de deux niveaux, l'un de silt, l'autre de grès, révèle une constitution identique tant dans les minéraux majeurs (quartz, feldspaths potassiques, plagioclases, muscovite) que dans la phase argileuse (1/3 kaolinite, 1/3 smectites, 1/3 illite).

Le gisement a livré, vers la fin du siècle dernier, une flore importante déterminée par Zeiller (*in de Launay, 1888, p. 315*), comprenant notamment parmi les espèces les plus caractéristiques : *Pecopteris platoni*, Grand'Eury ; *Pecopteris polymorpha*, Brongniart ; *Linopteris germani*, Giebel (= ex. *Dictyopteris Schützei*, Roemer) ; *Sphenophyllum oblongifolium*, Germar et Kaulfuss ; *Sphenopteris angustifolium*, Germar ; *Sigillaria brardi*, Brongniart ; *Annularia spicata*, Gutbier ; *Lebachia* ? (= ex. *Walchia* ?) ou peut-être *Ullmania* ?

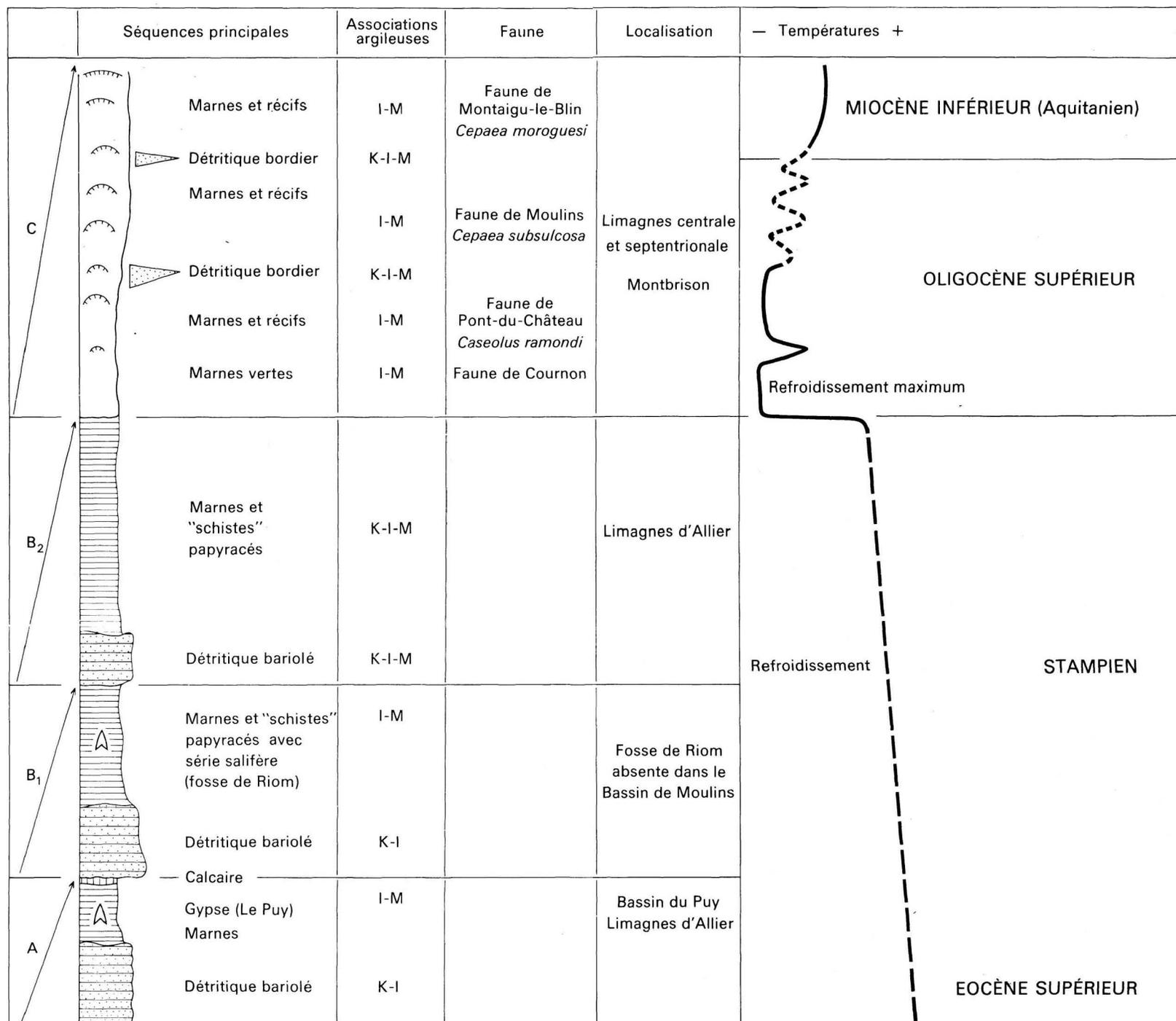
D'après C. Greber (communication orale, 1974), il n'existe pas dans cette liste de fossiles indiquant nettement un âge autunien ; les espèces sont stéphaniennes, toutefois la présence de *Annularia spicata* et *Lebachia* ? peut indiquer un niveau élevé du Stéphaniens ou une zone de passage du Stéphaniens à l'Autunien.

Une observation comparable peut être faite pour les grès et schistes de Buxières.

r. **Sables et argiles de Montilly. Autunien.** A Montilly, l'absence d'affleurement sain a rendu impossible l'observation directe de ce niveau. Des sondages courts à la moto-tarière n'ont traversé que des dépôts meubles sableux et argileux de teinte ocre. L'attribution par de Launay au niveau des grès rouges supérieurs doit être en conséquence considérée avec prudence.

(*) D'après des travaux récents (M. Deschamp, 1973) les arkoses de Cosne semblent devoir être rattachées au Sidérolithique (Tertiaire) et non au Permien.

Fig.1 – Variations minéralogiques, paléontologiques et climatiques de la série tertiaire des Limagnes



FORMATIONS SÉDIMENTAIRES OLIGO-MIOCÈNES

Généralités

Après une très longue période couvrant l'ère secondaire et la quasi totalité de l'Éocène (de -260 à -40 MA environ), des aires fortement subsidentes ont pris naissance, sous l'effet des contrecoups de l'orogénèse alpine, dans maints endroits du Massif Central et notamment sur l'emplacement des Limagnes.

Des études géophysiques et des sondages profonds, réalisés dans le cadre de la recherche d'hydrocarbures (Régie Autonome des Pétroles), ont permis de mettre en évidence la complexité de la structure profonde des Limagnes constituées en fait de plusieurs fosses séparées par des seuils. Un haut-fond, situé approximativement vers Saint-Pourçain, a permis l'individualisation, au Nord, du bassin de Moulins dont l'histoire géologique est légèrement différente de celle du bassin complexe de Vichy—Clermont-Ferrand au Sud.

Données géologiques régionales

Les principales variations minéralogiques, paléontologiques et climatiques de la série tertiaire des Limagnes, reconstituées à partir des données de la surface et des sondages profonds sont résumées sur la figure 1.

Plusieurs cycles sédimentaires se superposent et peuvent localement être incomplets ou absents. Ces lacunes et variations d'épaisseur sont vraisemblablement liées à des arrêts ou des ralentissements de la subsidence dans tout ou partie du bassin.

La séquence A est présente à la partie inférieure de la série tertiaire, au niveau des fosses principales ; sur l'ensemble du bassin, depuis Brioude jusqu'à Moulins, sa mise en place succède à une phase tectonique majeure.

La séquence B1, caractérisée par ses dépôts salifères, n'est bien développée que dans la fosse de Riom, seule zone où, apparemment, la subsidence s'est maintenue tout au long du Stampien.

À une époque encore imprécise de l'Oligocène, une nouvelle phase tectonique majeure intéresse l'ensemble du bassin et permet le dépôt de la séquence principale B2-C dont le terme inférieur B2, d'âge stampien supérieur et de caractères lagunaires, a une aire d'extension comparable à celle de la séquence A. Le terme supérieur lacustre C (Oligocène supérieur—Aquitainien) a une aire de répartition beaucoup plus réduite. La régression est progressive : les zones inférieures *Courmon* et *Pont-du-Château* existent encore depuis Saint-Sandoux (Veyre-Mouton) au Sud de Clermont jusqu'à Saint-Menoux (Bourbon-l'Archambault) et Trévol (Dornes) respectivement à l'Ouest et au Nord de Moulins, l'épaisseur des sédiments étant encore considérable à l'aplomb de la fosse de Riom (400 à 500 m). Le niveau de Moulins n'est à l'heure actuelle identifié que dans la partie ouest de la Limagne bourbonnaise ; celui de Saint-Gérard-le-Puy—Montaigu-le-Blin (Saint-Pourçain) n'est signalé que dans la proximité immédiate de ces localités et ne déborderait pas vers le Nord (Tréteau et Jaligny). Il semble toutefois que les formations aquitainiennes (marnes et argiles à Mélanies) de Gergovie doivent lui être rattachées.

Dans le bassin de Moulins, les formations tertiaires sont largement masquées par des dépôts plus récents plio-quaternaires. Seuls affleurent les horizons supérieurs (Oligocène supérieur—Miocène basal) à l'exception de niveaux à *Potamides lamarcki* à Dompierre-sur-Besbre (Stampien).

Terrains non affleurants

Des renseignements sur les couches tertiaires profondes nous sont donnés dans le bassin de Moulins par trois sondages (R.A.P., 1960) ayant atteint le socle de nature gneissique probable : Moulins 101 (621-6-1) sur la feuille Saint-Pourçain, Moulins 102 (598-6-1) et 103 (598-4-1) sur la feuille Moulins.

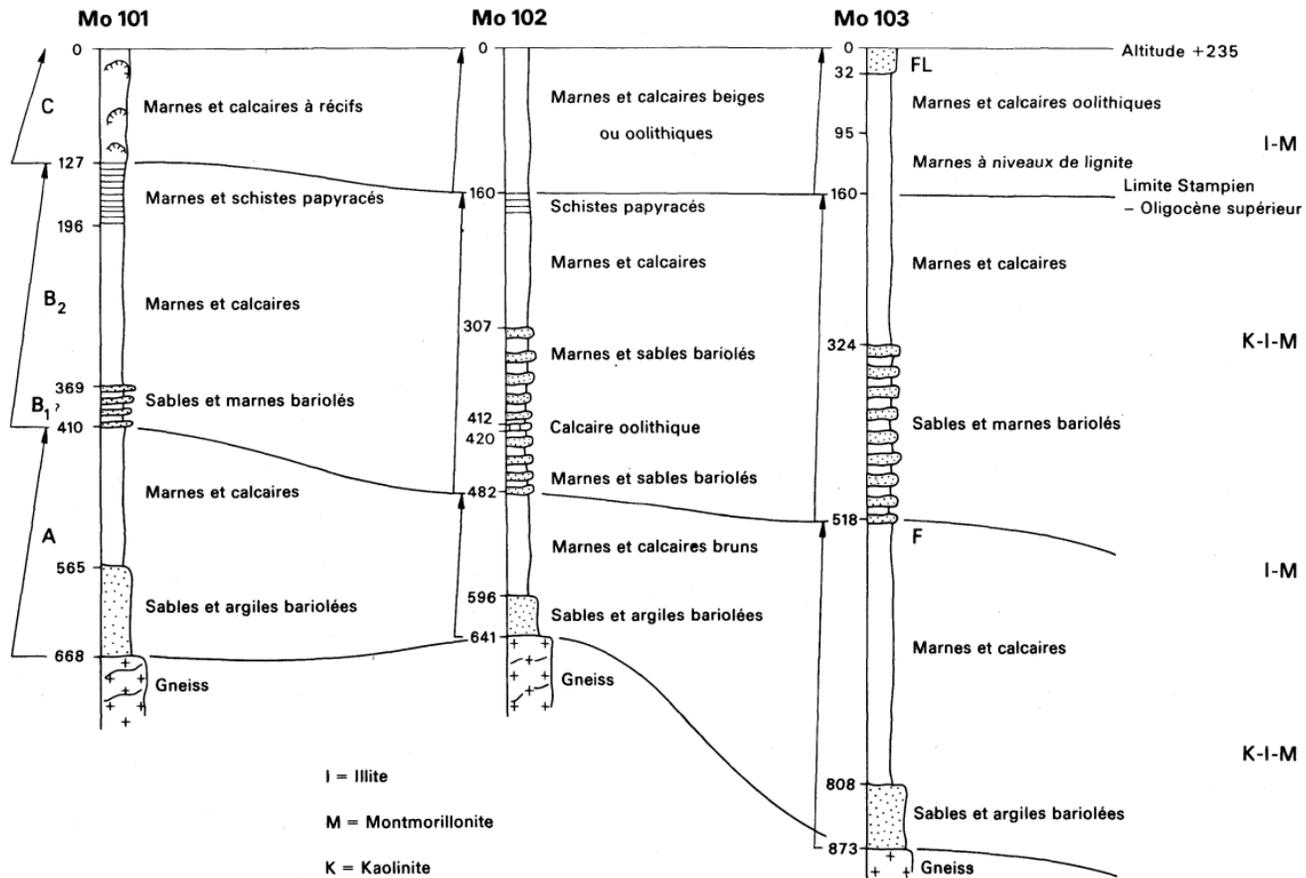


Fig. 2 – Sondages profonds du bassin de Moulins (RAP 1960)

Chaque sondage a montré l'existence de deux séquences complètes à base détritique et sommet carbonaté, dont la corrélation semble possible. La figure 2 résume les caractéristiques principales des formations traversées.

Description des sondages

- **Moulins 102** (R.A.P., 1960) - 598-6-1 - $x = 681,520$; $y = 166,270$; $z = +235$
 - 0-59 m Marne verte ou gris-vert, plastique, à nombreuses empreintes d'Ostracodes.
 - 59-159 m Marne comme ci-dessus et nombreux niveaux de calcaire blanchâtre oolithique et de calcaire beige.
 - 159-187 m Marne verte, parfois blanchâtre vers la base, rares niveaux de schistes papyracés.
 - 187-255 m Marne gris-vert et quelques intercalations de calcaire oolithique ou plus ou moins marneux gris verdâtre.
 - 255-266 m Calcaire crayeux gris.
 - 266-307,50 m Marnes gris-vert à quelques niveaux de calcaire crayeux beige.
 - 307,50-412 m Série marno-sableuse : marne bariolée et sables grossiers à conglomératiques.
 - 412-418 m Calcaire blanchâtre oolithique et calcaire crayeux blanchâtre.
 - 418-482,50 m Marne rougeâtre et sables grossiers localement arkosiques, lignite à 433 mètres.
 - 482,50-543 m Alternances de calcaire beige à brun crayeux, parfois finement gréseux et marne verte.
 - 543-596 m Marne gris-vert, gris-bleu ou blanchâtre, parfois sableuse à petites passées de calcaire crayeux gris-beige à gris-brun.
 - 596-641 m Sable argileux grossier, à grains anguleux à ciment d'argile parfois abondant, nettement arkosique dans les trois mètres de la base.
 - 641-650,80 m Socle métamorphique probablement gneissique.

- **Moulins 103** (R.A.P., 1960) - 598-4-1 - $x = 689,750$; $y = 177,700$; $z = +234$.

La description détaillée des terrains traversés par ce sondage est donnée en marge de la carte.

Les résultats (en dixièmes) de l'analyse diffractométrique de la fraction argileuse extraite d'échantillons de carottes sont regroupés sur le tableau suivant.

Profondeur en mètres	Kaolinite	Montmorillonite	Illite	Irréguliers I/M
326,60	5		3	2
327,80	6		3	1
328,80	7		2	1
329,80	4		4	2
330,80	5		4	1
474,60	4	3	3	
475,10	4	3	3	
476,10	4	3	3	
477,10	4	4	2	
478,10	4	3	3	
480,60	5	2	3	
481,60	4	3	3	
482,60	4		3	3
483,60	4		3	3
484,60	4		3	3

Profondeur en mètres	Kaolinite	Montmorillonite	Illite	Irréguliers I/M
581,90				10
582,70			10	
586,60		6	4	
587,80	1	1	8	
719,30	3		7	
720,30	4		6	
721,30	4		6	
722,30	4		6	
723,30	4		6	
818,40	3		5	1
824,40	2		7	1
825,90	1		8	1
874,90	3	3	4	

La séquence inférieure (de 482 à 641 m de profondeur pour Mo 102 et de 518 à 873 m pour Mo 103) correspond très vraisemblablement à la séquence A de la grande Limagne.

La séquence supérieure est très comparable à la séquence B-C connue en grande Limagne. La coupure entre B et C, basée sur des considérations d'ordre minéralogique et paléontologique, correspond à une variation climatique très importante, observée à l'échelle de l'Europe (*). La séquence salifère B1, connue uniquement en sondages dans la fosse de Riom, n'a pas été identifiée dans le bassin de Moulins ; sur la séquence A se développe directement la séquence B2 (de 160 à 482 m dans Mo 102 et de 160 à 518 m dans Mo 103). L'ensemble supérieur C, attribué à l'Oligocène supérieur, à dépôts exclusivement lacustres ou localement fluviatiles, est scindé sur des critères essentiellement paléontologiques (Mollusques, Vertébrés, microflore). On y distingue du sommet vers la base :

- 4 - Niveau de Saint-Gérand-le-Puy-Montaigu-le-Blin
- 3 - Niveau de Moulins
- 2 - Niveau de Pont-du-Château
- 1 - Niveau de Cournon.

Le niveau de Cournon n'affleure pas sur le territoire de la feuille Moulins ; son existence dans les sondages est probable au-dessus de la profondeur 160 mètres. R. Rey (1972) signale sa présence sur la bordure ouest du bassin à proximité de Saint-Menoux (feuille Bourbon-l'Archambault). Le niveau de Saint-Gérand n'a jamais encore été signalé ; il semble essentiellement limité au quart sud-est de la feuille Saint-Pourçain-sur-Sioule.

Terrains affleurants : g₃-m_{1a}

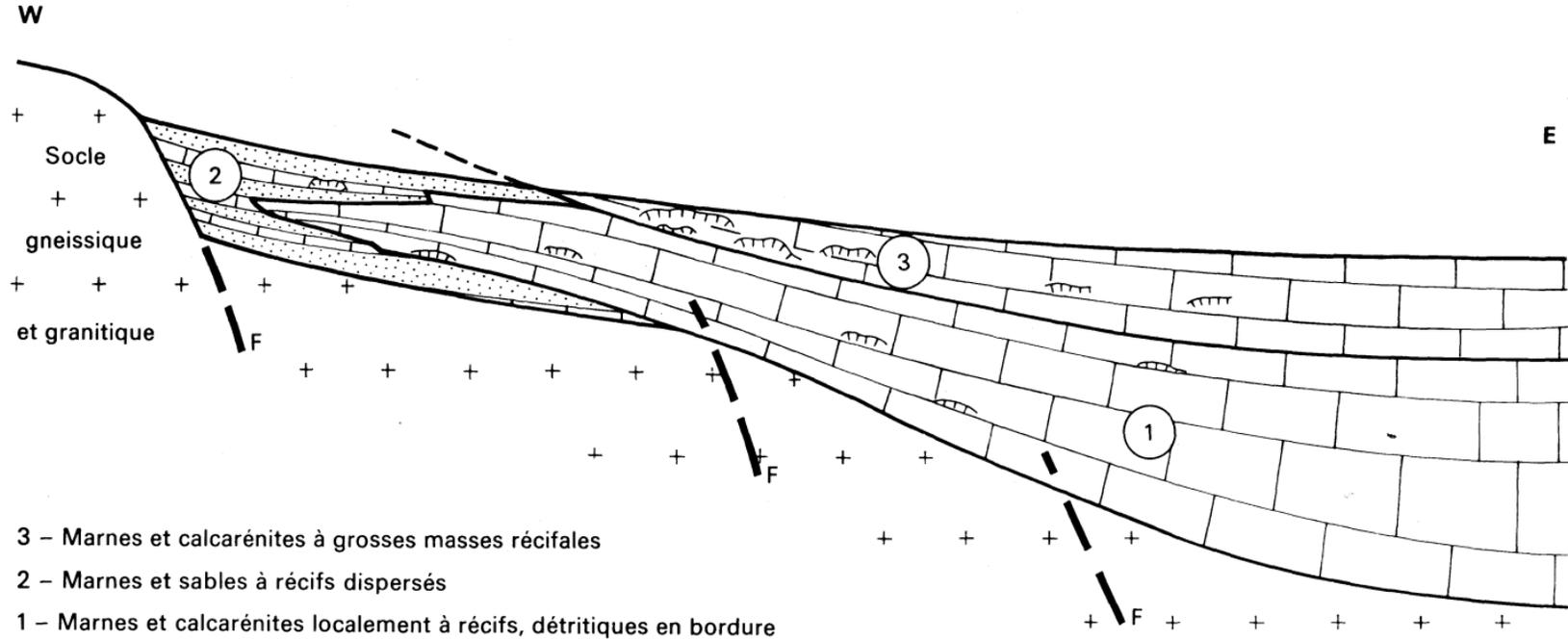
En raison de la dispersion et de la rareté relative des gîtes fossilifères ainsi que du caractère relativement constant des dépôts rapportés à la partie supérieure de la série tertiaire, la cartographie chronostratigraphique n'a pu être effectuée.

Seuls seraient représentés les horizons de Pont-du-Château sur la zone bordière et de Moulins par ailleurs. Bien que l'horizon de Saint-Gérand n'ait pas été identifié, la notation g₃-m_{1a} a été employée (g₃ = Oligocène supérieur ; m_{1a} = Miocène basal : Aquitanien), l'horizon de Moulins pouvant être considéré comme un terme de passage entre l'Oligocène et le Miocène.

La cartographie a été basée essentiellement sur les faciès lithologiques regroupés en ensembles. Ceux-ci sont au nombre de trois sur cette feuille (figure 3).

(*) Les données climatiques utilisées sont établies à partir des études palynologiques (travaux en cours de J.J. Châteauneuf et G. Gorin).

Fig. 3 – Profil schématique des dépôts tertiaires



● *Marnes et calcarénites localement à petits récifs, détritiques en bordure.* Cet ensemble, de loin le plus étendu, est constitué de marnes tendres beiges à l'affleurement, grises en sondage, de calcarénites non indurées dues à l'accumulation de débris organiques et de constructions récifales d'importance variable. Les faciès varient dans la zone bordière ; les constructions récifales algaires sont plus fréquentes. Des calcaires durs remplacent localement les marnes (Les Chadelles, rive gauche de la vallée de la Queue, $x = 670,55$; $y = 174,50$). Des matériaux détritiques argilo-quartzo-feldspathiques apparaissent en abondance (niveaux inférieurs de Givreuil, $x = 171,90$, $y = 161,92$; base de la coupe des Chadelles, carrière de Coulandon, $x = 669,90$, $y = 172,20$; grès de Montilly, $x = 670,50$, $y = 178,75$) et semblent se localiser à la partie inférieure visible de la série.

● *Marnes et sables à récifs dispersés.* Limité à la zone bordière, cet ensemble repose généralement sur la série 1, mais localement lui correspond latéralement. Marnes, argiles et sables généralement verdâtres y alternent, englobant quelques récifs algaires dispersés.

● *Marnes et calcarénites à grosses masses récifales.* Les grosses accumulations récifales sont rares dans le cadre de la feuille alors que plus au Sud, elles sont très développées (feuille Saint-Pourçain) ; cet ensemble n'a été représenté sur la carte qu'aux alentours de Givreuil où des masses construites sont encore visibles sur une dizaine de mètres d'épaisseur dans d'anciennes carrières (Givreuil—Les Granges). Vers le centre du bassin, les récifs s'amenuisent et disparaissent.

Les caractéristiques minéralogiques de ces trois ensembles sont comparables ; les horizons carbonatés sont essentiellement constitués de calcite ; la dolomite n'y a été qu'exceptionnellement rencontrée à l'état de trace à Coulandon. La fraction argileuse est exclusivement constituée de montmorillonite et d'illite en proportions variables. Dans les niveaux détritiques de bordure, quartzo-feldspathiques (plagioclases et feldspaths potassiques) et micacés, la fraction argileuse est également constituée d'illite et de montmorillonite (Givreuil, Les Chadelles) associées localement à la kaolinite (Coulandon).

Données stratigraphiques. Sur la base de l'étude des malacofaunes, R. Rey distingue deux niveaux : l'un inférieur (niveau de Pont-du-Château) caractérisé par *Caseolus ramondi*, l'autre supérieur (niveau de Moulins) caractérisé par *Cepaea subsulcosa*, attribués par cet auteur respectivement au « Chattien » moyen et supérieur. Cette opinion n'est pas partagée par tous les auteurs. En particulier C. Cavelier (1972) place le niveau de Moulins à la base du Miocène (Aquitainien inférieur).

L'étude du contenu palynologique de ces horizons (C. Gorin, J.-J. Châteauneuf) permet également de distinguer ces niveaux : les sédiments de la zone de Pont-du-Château se seraient déposés sous un climat relativement froid (90 à 95 % de Conifères) qui se serait installé en Europe à la base de l'Oligocène supérieur et ceux de la zone de Moulins dans une période de réchauffement (mélange de flores froides et tempérées) annonçant le climat plus chaud du Miocène inférieur.

Points datés :

- Zone de Pont-du-Château : Bresnay—Besson (R. Rey) ;
- Zone de Moulins : carrière de Givreuil (R. Rey), sondage Val d'Allier : -12 m, $x = 676,200$, $y = 164,900$ (J.-J. Châteauneuf).

Cg-m_{1a}. *Colluvions.* Les sédiments tertiaires, meubles (sables détritiques, ... calcarénites) ou peu cohérents (argiles-marnes) libèrent par altération des matériaux calcaro-argilo-sableux, incluant parfois des fragments de calcaire. Ces produits, accumulés sur la plupart des pentes ou dans les dépressions, n'ont été représentés sur la carte que lorsque leur épaisseur et leur extension rendaient impossible toute observation directe du substrat.

Formations miocènes post-aquitaniennes

On ne connaît pas de formations sédimentaires d'âge miocène postérieur au niveau aquitain de Saint-Gérard-le-Puy dans le bassin de Moulins, alors que dans la région clermontoise (feuille Clermont-Ferrand), deux formations fluviatiles, l'une burdigalienne (sables feldspathiques), l'autre *pontienne* (sables à chailles) ont été depuis longtemps identifiées.

Il convient toutefois de signaler la découverte par M. Bertrand de Moulins, en 1907 (*in* de Launay, 1922, p. 87) à Givreuil, d'une cavité karstique entaillant les calcaires du niveau de Moulins, dont le remplissage sableux a livré une faune de Vertébrés, attribuée par Ph. Glangeaud (1907) et Grossouvre (1909) à l'Helvétien.

FORMATIONS DES SABLES ET ARGILES DU BOURBONNAIS (PLIO-QUATERNAIRE)

(Ensemble fluvio-lacustre d'argiles, sables, galets et matériaux alluviaux)

Généralités

L'ensemble connu sous le nom de *sables et argiles du Bourbonnais* (carte géologique à 1/80 000) ou *sables à cailloux du Bourbonnais* (L. de Launay, 1923) occupe, en surface, environ les trois quarts de la carte Moulins.

Aucune différenciation n'avait été faite, sur la carte à 1/80 000, au sein de cet ensemble habituellement considéré comme pliocène ou mio-pliocène.

Sur la présente carte à 1/50 000, il a été distingué plusieurs sous-ensembles, constituant autant d'unités cartographiques, caractérisés par leur dominante argileuse ou sableuse, la présence ou non de galets. Cet essai de différenciation lithologique procède presque uniquement des observations de surface.

Les données géométriques acquises au cours des levés esquissent une lithostratigraphie déjà soupçonnée par les anciens observateurs. C'est ainsi que L. de Launay mentionne la décroissance régulière, du Sud-Est au Nord-Ouest, de l'altitude des tuileries sensées s'approvisionner sur un même banc d'argile. Considération simpliste contre laquelle le même auteur s'élève par ailleurs. L'irrégularité structurale, consécutive à la genèse de cet ensemble, laisse en effet prévoir un schéma général souffrant de nombreuses variantes locales. C'est ainsi qu'il existe des difficultés de corrélation entre la rive gauche et la rive droite de l'Allier. D'autre part, les remaniements superficiels, l'évolution dissymétrique des versants, les effets de la pédogenèse rendent malaisée la définition d'une coupe-type que l'absence de sondages profonds ne permet pas de vérifier. C'est donc avec beaucoup de réserves qu'il faut interpréter la coupe synthétique suivante (*cf.* schéma en marge de la carte).

A la base de l'ensemble et au toit des formations marneuses, apparaît une argile verte épaisse de 1 à 2 mètres. Au-dessus viennent quelques mètres de sables plus ou moins argileux puis une formation à galets très caractéristique, dont l'épaisseur peut atteindre 15 mètres. Ces galets sont surmontés de sables grossiers ou de sables argileux (environ 5 mètres). Un banc d'argile assez constant leur succède et se trouve lui-même recouvert par une dizaine de mètres de sables grossiers qui constituent un niveau repère. La série actuellement visible se termine par des sables fins, souvent argileux (5 m environ) et des argiles qui couronnent tous les sommets (1 à 5 m).

L'ensemble se développerait donc sur 40 à 50 m, mais il est évident que la série peut être tronquée aussi bien à la base qu'au sommet.

Bien que cette lithostratigraphie se vérifie à l'échelle de la carte, et comme règle générale de répartition des sous-ensembles, les données restent trop ponctuelles et imprécises pour permettre l'établissement d'une carte proprement stratigraphique. Les seules formations observées et représentées sont pour l'essentiel des formations superficielles comprenant des argiles ou des sables *in situ*, mais aussi des colluvions qui en dérivent plus ou moins directement. Les données stratigraphiques ont été ménagées

et soulignées chaque fois que cela était possible, de manière à conserver à la carte son objectif traditionnel. C'est ainsi que des bancs argileux sont localement mis en évidence au sein des sables. De même, les bancs de graviers sont soulignés et la traduction cartographique de cette donnée immédiate du terrain est particulièrement importante en raison de la grande dispersion, en surface, des graviers ou des galets.

Argile et sables situés à la base de l'ensemble

Les formations situées au toit des marnes oligocènes s'observent trop ponctuellement pour être individualisées sur la carte. La question peut d'ailleurs se poser, en particulier pour l'argile verte qui repose généralement sur les marnes, de savoir quelle est la part éventuelle de formations résiduelles post-aquitaniennes mais antérieures au dépôt fluvio-lacustre bourbonnais. Cette argile verte, qui semble exister entre les marnes et certaines alluvions, pourrait résulter en partie d'une décalcification des marnes. Du point de vue minéralogique, elle est constituée de kaolinite (30 %), de smectite (50 %) et d'illite (20 %).

Les sables, argileux ou non, qui par ailleurs semblent constituer la base de l'ensemble fluvio-lacustre, sont très rarement visibles en coupe.

Formations à galets

Les formations à galets prennent une très grande extension de part et d'autre de la vallée de l'Allier. Elles disparaissent dans la partie est du territoire de la feuille où l'altitude est légèrement plus élevée. Ces formations, connues en coupe dans de nombreuses carrières, sont considérées comme *alluvions anciennes* sur la carte géologique à 1/80 000. De fait, la concentration en surface des galets aboutit à des *cailloutis* qui occupent souvent des glaciers peu inclinés, assimilables à des terrasses très dégradées. Les levés montrent cependant, et la représentation à 1/50 000 est suggestive à cet égard, qu'il s'agit bien d'un niveau stratigraphique suivi dans les vallées adjacentes jusqu'à ses limites altimétriques. La pente générale au Nord est régulière et voisine de 1 ‰, soit entre 250 m au Sud et 225 m à la limite nord de la feuille Moulins.

Sur la rive gauche, les formations à galets se situent une quinzaine de mètres plus haut qu'en rive droite ; ce décalage peut s'interpréter soit par un rejeu tectonique postérieur à son dépôt, soit pas la persistance au Pliocène terminal et au Villafranchien, d'un régime sédimentaire fluvial alors qu'à l'Est, dominait un régime lacustre.

En coupe, la stratification est tantôt horizontale, tantôt oblique, voire entrecroisée pour ce qui concerne les sables qui accompagnent les galets. Ceux-ci sont disposés en cordons relativement continus qui alternent avec des sables fins ou grossiers. L'épaisseur est en moyenne de plusieurs mètres (une dizaine de mètres environ au lieu-dit le Séminaire (Yzeure)) avec un ou deux cordons principaux de galets qui sont soulignés sur la carte. La dispersion des galets sur tous les versants rend malaisée la limitation inférieure de la formation comme le dénombrement exact des cordons.

La taille des galets est comprise entre 2 et 5 cm. Il en est de dimensions exceptionnelles : 15 à 20 cm aux Crépines (Chemilly). D'une manière générale, la taille moyenne diminue légèrement d'amont en aval avec de notables exceptions.

Ces galets sont essentiellement du quartz, du silex, des granites. Le quartz est blanc, parfois rougeâtre, notamment dans les cailloutis de surface. Le silex est blond, à patine noire, mate ou luisante. Le cortex des rognons présente de nombreuses cupules. Pour le silex aussi, une patine rougeâtre apparaît parfois en surface. Les roches granitiques comprennent des granites à grain fin et des microgranites ou des rhyolites. A ces galets abondants s'associent, plus rarement, quelques roches volcaniques très altérées, indéterminables.

Des boules silteuses de quelques centimètres à plusieurs décimètres, de couleur grise ou gris-vert, sont emballées dans les sables à galets. Elles se regroupent fréquemment dans un même niveau qui correspond souvent à une coupure granulométrique. Du

point de vue minéralogique, il s'agit de kaolinite (40 %), smectite (30 %), illite (30 %).

La matrice sableuse, quartzo-feldspathique, contient dans les fractions grossières, de gros feldspaths blancs ou roses.

La proportion des constituants essentiels : quartz, silice, roches granitiques, varie beaucoup. Il est néanmoins possible de cerner une aire où les granites sont très abondants et une tentative est faite sur la carte pour représenter cette répartition. Dans tout le périmètre concerné (Ouest de Neuilly-le-Réal et Nord de Moulins), les carrières révèlent la superposition assez constante de sables à galets de quartz, de silice et de granites sur une formation analogue pratiquement dépourvue de granites. Il était même permis de se demander si la disparité, ainsi mise en évidence dans l'alimentation des formations à galets, ne correspondait pas à une entaille ultérieure de l'Allier. En d'autres termes, la *formation à galets granitiques* pouvait représenter d'anciennes nappes alluviales de l'Allier qui, précisément, font défaut dans ce tronçon de vallée. Cela semble néanmoins assez improbable eu égard à l'importance ici ou là du recouvrement de ces formations à galets par des sables jugés *in situ* et rapportés à l'ensemble fluvio-lacustre. L'étude des minéraux lourds (J. Tourenq) révèle, d'Est en Ouest, un appauvrissement en zircon, compensé par un enrichissement en staurotite. Le sphène présente une répartition générale moyenne.

Le problème de l'origine des matériaux se pose aussi pour les silices. Leur proportion croît vers l'Ouest et le Nord ; ils disparaissent dans la moitié méridionale du secteur de la feuille Saint-Pourçain. On ne saurait assimiler simplement cette énorme quantité de silice aux rares chailles qui jalonnent sporadiquement le cours de l'Allier depuis le Sud du Velay.

Formations essentiellement sableuses

Des formations essentiellement sableuses se rencontrent à divers niveaux. Cette désignation générale n'exclut pas une certaine teneur en argile, voire des lits argileux. Il faut noter aussi, dès à présent, que les sols lessivés accusent toujours plus de sable, granulométriquement parlant, que la roche-mère. Ceci peut constituer une source d'erreurs dans l'appréciation des formations sous-jacentes.

Ces formations, peu caractéristiques, sont mal connues en raison de la rareté des coupes.

Bancs silteux ou argileux

De tels bancs se rencontrent eux aussi à divers niveaux dans l'ensemble FL. Leur délimitation a été faite chaque fois que cela était possible, c'est-à-dire dans tous les cas où ils ne sont pas masqués par des colluvions. Du fait de leur faible épaisseur, il est en effet souvent malaisé de les découvrir.

Un banc silteux a été reconnu à la Maison-Neuve (Chemilly) à la base de la formation à galets ainsi qu'à Chemilly et à la ferme des Groveaux (Besson). La formation argileuse est composée de kaolinite (30 %), montmorillonite (50 %) et illite (20 %).

En divers endroits, en particulier dans l'Est du territoire de la feuille, un niveau argileux a été repéré à la base des *sables grossiers*. C'est ce niveau qui paraît exploité à Theil-sur-Acolin (carrières des Loges, de Thiel et de l'étang de la Fin). La fraction argileuse comprend : kaolinite (60 à 70 %), smectite (10 à 30 %) et illite (10 à 20 %).

Dans la carrière de Thiel-sur-Acolin, on distingue de haut en bas :

- 0,00—0,80 m sol (colluvions)
- 0,80—3,00 m sable grossier quartzeux, feldspathique à rares galets dont silice noirs (ϕ max. 5 cm)
- 3,00—3,30 m argile blanche plastique
- 3,30—3,80 m sable hétérogène fin à grossier (épaisseur de 50 à 80 cm)
- 3,80—4,40 m alternance d'argile et de silt argileux, ocre à blanc
- 4,40—4,46 m sable moyen ocre-rouille en passées irrégulières festonnées

- 4,46—4,60 m niveau irrégulier d'argile plastique ocre vif
4,60—5,40 m argile grise très compacte, noire au sommet, emballant des débris de bois
5,40—6,40 m argile grise à verdâtre, finement bréchique à petits débris ligniteux
6,40—7,30 m sable moyen feldspathique gris verdâtre
7,30—7,60 m gley argilo-sableux verdâtre à passées horizontales sableuses
7,60—7,80 m argile gleyifiée à passées sableuses
7,80—8,00 m sable fin micacé.

Ces divers niveaux peuvent être discontinus et développer une puissance inégale.

Il semble que les formations argileuses jadis exploitées à Yzeure puissent être rattachées au niveau de Thiel. Elles sont décrites par L. de Launay (1923, p. 117-119) qui signale de bas en haut : sable et cailloux roulés, *lit d'argile noire tourbeuse à débris ligniteux*, argile jaune et grise, sable granitique. Ce dernier serait le *sable grossier* des carrières de Thiel.

Il n'est pas inutile d'indiquer que la coupe de Thiel se retrouve, avec des variantes de faible importance, dans diverses exploitations situées en dehors du cadre de la feuille Moulins, au Nord ou à l'Est : Beaulon, Diou. A Beaulon et surtout à Diou, s'observe le banc d'argile grise ou noire à troncs fossiles. Cette répartition des coupes renforce les arguments lithostratigraphiques énoncés à propos de la feuille Moulins.

Formations à sable grossier

Il existerait dans la série au moins deux formations à sable grossier, l'une située au toit de la formation à galets et mise en évidence dans les environs de Moulins, l'autre plus constante, épaisse de quelques mètres, constituant un excellent repère. Comme l'indiquent les paragraphes précédents, elle se place au toit des bancs argileux localement exploités.

Parmi ces sables quartzo-feldspathiques peuvent se rencontrer de petits galets (1 à 3 cm) de quartz ou, plus rarement, de roches granitiques.

Les minéraux lourds comprennent principalement zircon, staurotide, sphène : carrières de la Chassaigne (Chevagnes), Saint-Pourçain-Malchère (Lusigny), les Bordes (Gennetines), les Voisins (Chapeau).

Formations argileuses et sableuses indifférenciées

Cette unité cartographique regroupe deux cas : d'une part, des sables argileux qui paraissent assurer la transition entre les sables grossiers et les argiles qui terminent la série ; d'autre part, des alternances de sables et de lits d'argiles, plus ou moins mêlés en surface et par conséquent difficiles à représenter individuellement sur la carte.

Ces formations argilo-sableuses indifférenciées correspondent souvent à des aires masquées où les renseignements restent très ponctuels.

Formations argileuses, accessoirement sableuses, des plateaux

Les formations argileuses des plateaux ont une grande extension cartographique. Il ne semble pas qu'une évolution pédogénétique puisse à elle seule expliquer leur formation.

Il s'agit d'argiles, parfois sableuses, très compactes, qui résultent du mélange de kaolinite (30 %), d'illite (40 %) et de minéraux interstratifiés, illite-montmorillonite (30 %).

Variations minéralogiques principales

L'étude des minéraux lourds et de la phase argileuse de ces sédiments (J. Tourenq, travaux en cours) fait apparaître sur l'ensemble de la formation une évolution d'Ouest en Est. Ainsi en bordure de l'Allier, les dépôts sont caractérisés par une association à staurotide et autres minéraux de métamorphisme dominants (30 à 50 %), et un cortège

argileux à smectites prépondérantes. Vers l'Est, le zircon devient largement prédominant (> 50 %) en même temps qu'apparaissent de fortes proportions en kaolinite (> 50 %).

Un niveau à sphène et hornblende, développé surtout dans la zone occidentale, pourrait correspondre à des projections éoliennes en relation avec un épisode volcanique montdorien.

Colluvions dérivant des formations fluvio-lacustres

Les colluvions sont abondantes dans tout le domaine fluvio-lacustre sans qu'il soit toujours possible de les cerner avec précision du fait de leur ressemblance avec la roche-mère. Il en existe deux catégories principales reliées par des types intermédiaires : les colluvions *pelliculaires* des versants à forte pente et les colluvions des versants nord et nord-est à pente faible.

Les colluvions *pelliculaires* ne sont généralement pas représentées sur la carte, sauf lorsqu'elles recouvrent un substrat, identifié ou non, distinct du fluvio-lacustre bourbonnais. Leur épaisseur est décimétrique. Les caractères généraux sont ceux de la roche-mère. Une mention particulière doit être faite des galets qui, en-dessous de la formation à galets, *in situ*, s'observent sur des grandes surfaces.

Les colluvions des versants à pente faible, essentiellement orientés au Nord et au Nord-Est, sont plus extensives et plus épaisses que les précédentes. Elles restent mal définies en raison de la rareté des coupes. Leur délimitation a été faite à partir des sols caractéristiques qui les surmontent habituellement. La démonstration de leur existence est exprimée par la disparition des niveaux repères sur les versants nord et nord-est (disposition typique des sables grossiers dans la partie nord-est de la carte). La cartographie de ces colluvions souligne d'ailleurs la remarquable dissymétrie des versants : opposition entre les pentes faibles vers le Nord et l'Est, par rapport aux pentes plus redressées vers le Sud ou l'Ouest.

Les colluvions *pelliculaires* résultent, probablement en majeure partie, d'une dynamique récente, voire de phénomènes anthropiques.

Les colluvions extensives, qui correspondent en outre à la dissymétrie des versants, représentent certainement une mise en place complexe dans laquelle sont intervenus plusieurs facteurs : solifluxion, ruissellement, voire transports éoliens. Leur âge probable est quaternaire, le modelé final étant surtout dû aux dernières périodes, Würm principalement.

Age des formations fluvio-lacustres du Bourbonnais

Boulanger (1844) décrivait les formations fluvio-lacustres du Bourbonnais comme « terrain tertiaire supérieur (période pliocène) ». Cet âge fut souvent discuté. Commentant l'assimilation, par la carte géologique à 1/1 000 000, des sables du Bourbonnais aux sables burdigaliens de la Sologne, L. de Launay exprime son hésitation entre un rattachement au Miocène et au Pliocène. Très objectivement, il ne manque pas de présenter les arguments en faveur de l'une ou l'autre période et suggère en tout cas des remaniements.

Récemment, la découverte de quartz, caractéristiques des nappes de ponce du Mont-Dore, permettait de rajeunir ces formations en rapportant la partie supérieure au Pliocène moyen ou supérieur (note de J. Tourencq et L. Le Ribault, 1972).

Plus récemment encore, l'analyse pollinique portant sur des échantillons prélevés dans le niveau d'argiles grises, à débris de bois (Thiel-sur-Acolin pour la feuille Moulins, Diou et Beaulon pour la feuille Dampierre-sur-Besbre) a livré de nombreuses spores et d'abondants pollens dont *Sphagnaceae* (*Stereisporites*) 20 % à Diou ; *Stereisporites* (*Sphagnum*), *Pinus* type *sylvestris*, *Pinus haploxylon*, *Sequoia*, *Tsuga*, *Nyssaceae* à Thiel-sur-Acolin, indiquant un âge villafranchien inférieur (Pléistocène inférieur) en terme continental ou Pliocène supérieur (échelle marine) (déterminations de J.-J. Châteauneuf, 1973).

COLLUVIONS ET COMPLEXES DE FORMATIONS SUPERFICIELLES

CF. Colluvions et alluvions indifférenciées. Argiles, sables, graviers. Cette unité cartographique a une notation différente de celle donnée aux colluvions de fonds de vallons malgré l'existence de relations étroites entre les colluvions et les alluvions, soit dans la partie haute des thalwegs, soit, latéralement, de part et d'autre des alluvions proprement dites.

Dans le premier cas, la double notation peut indiquer le passage du phénomène colluvial au phénomène alluvial. Néanmoins, par souci de simplification, ce passage n'est indiqué que dans certains points.

Dans le second cas, il s'agit de colluvions superposées ou imbriquées avec des alluvions. Celles-ci peuvent appartenir à une nappe Fy supposée, comme entre Thiel et Chevagnes, en bordure de l'Acolin.

En l'absence de coupes, la lithologie de cette unité cartographique est généralement difficile à préciser.

C_{1a}, C₁. Colluvions diverses des bas-versants et des fonds de vallons. Les colluvions qui comblent les fonds de vallons et, dans certains cas, les bas-versants, sont évidemment assez hétérogènes. Suivant la nature des formations qui les alimentent, il s'agit d'argiles, de sables ou de galets noyés dans une matrice argilo-sableuse. La gleyfication est fréquente dans les fonds.

D'une manière générale, ces formations s'épanouissent à la tête des thalwegs, constituant même parfois des *formations suspendues* sans relation actuelle directe avec les colluvions situées plus en aval.

Les indications d'épaisseur manquent ; il a été relevé près de 3 m à l'étang du château de Neuville (Neuvy).

FORMATIONS ALLUVIALES ET DÉPÔTS QUATERNAIRES ASSOCIÉS

Généralités

Le réseau hydrographique dans le périmètre de la feuille Moulins se partage en deux bassins versants de superficies à peu près égales. A l'Est, les plateaux bourbonnais sont drainés par un réseau assez dense de collecteurs orientés sud-nord, aboutissant à la Loire. Sur la moitié ouest de la feuille, l'Allier, dont le bassin est très réduit en rive droite, recueille sur son autre rive les eaux d'un important massif granitique.

Vallée de l'Allier

Depuis son confluent avec la Sioule où les alluvions atteignent leur extension maximale, l'Allier a considérablement perdu de son importance.

Les hautes terrasses parfois résiduelles qui, plus au Sud, délimitent ses anciens cours, ont disparu. Reposant à des altitudes fonction de leur âge relatif, trois nappes alluviales bien conservées (F) ou dégradées (RF) ont été distinguées au-dessus du lit actuel remblayé par des alluvions récentes. Le classement chronologique est exprimé en indice par une lettre de l'alphabet, de la plus ancienne nappe (W) à la plus récente (Z).

(Fw_a). Surface d'érosion alluviale. A une altitude légèrement supérieure à celle du dépôt alluvial le plus ancien (W_b), un épisode fluvial essentiellement érosif a entaillé les formations tertiaires et quaternaires anciennes (FL, g₃-m_{1a}). Les surfaces planes ainsi dégagées par l'érosion, bien qu'ayant fréquemment l'aspect caractéristique de terrasses alluviales, n'ont pas été représentées sur la carte comme telles. Elles ne portent que des matériaux remaniés, originaires des formations érodées ; les basaltes entre autres, témoins certains d'apports lointains, y font défaut.

Cette entaille est visible en rive gauche depuis le Sud de Chemilly (château Les

Bernards) jusqu'au-delà de Bressolles, l'altitude de son toit variant d'amont en aval de 247 à 228 mètres. En rive droite, l'aspect de terrasse est généralement moins marqué. La déclivité de son toit représente une perte d'altitude de 5 mètres entre Avermes, point le plus au Sud où l'entaille apparaît sur cette rive, et la limite nord de la feuille.

F_{wb}, R_{Fwb}. Alluvions de l'Allier. En rive droite, la nappe F_w apparaît au Sud de Toulon-sur-Allier, marquée par une entaille bien nette dans le Bourbonnais fluvial. Elle se développe vers l'aval pour atteindre sa largeur maximale à Avermes au Nord de Moulins.

En rive gauche, l'étroite bande à caractère parfois résiduel (**R_{Fwb}**), qui représente la terrasse F_w, disparaît à Bressolles. Plus au Nord, un témoin isolé, partiellement entamé par le niveau F_x, subsiste au Sud-Est de Montilly. Sa conformation curieuse ne peut s'expliquer que par la nature, localement plus résistante, du substrat calcaire.

A l'exception de la partie située au Sud de Moulins où dominent les sables grossiers quartzo-feldspathiques emballant quelques galets de quartz, de granites et de roches volcaniques, l'essentiel de la nappe F_w est représenté, tant en rive droite qu'en rive gauche, par une formation à éléments grossiers où dominent les galets de granites très altérés. Les quartz sont fréquents, les silices et les basaltes plus rares. La matrice est un sable hétérométrique très grossier.

Un dépôt fin sablo-limoneux provenant d'apports latéraux, contenant quelques graviers et galets, masque au Nord-Est de Moulins les alluvions grossières. Il porte un sol, profond de 0,50 à 0,80 m, qui se prête aux cultures maraîchères. L'importance des épandages d'ordures ménagères broyées, qui y ont été pratiqués, a amené une pollution qui mérite d'être mentionnée. L'épaisseur de la nappe F_w n'a pas été reconnue. D'amont en aval, l'altitude de son toit décroît de 240 m environ à 215-220 mètres.

F_x, R_{Fx}. Alluvions de l'Allier. Encore bien représenté à Bessay-sur-Allier, le niveau F_x s'amenuise très rapidement sur les deux rives.

Dans la moitié nord du domaine de la feuille, il ne subsiste qu'en témoins isolés d'importance variable ou sous forme résiduelle (**R_{Fx}**) reposant sur le substrat marno-calcaire, comme au Nord d'Avermes.

Quelques petites carrières échelonnées le long de la nationale 7 entre Bessay-sur-Allier et Toulon-sur-Allier montrent un mélange de matériaux volcaniques abondants (andésite dominante) et granitiques sous forme de sable grossier et de graviers roulés. Cette formation non argileuse de couleur rousse tend localement à s'indurer.

Limité au Nord par la D 31, un placage superficiel argileux s'étend à l'Est de Bessay. De couleur gris-brun, épais de 1,5 à 2 mètres, il recouvre les sables et graviers. Le long du ruisseau La Motte, des apports calcaires d'origine colluviale se mêlent à cette couverture argileuse.

Un autre secteur argileux, en forme de delta, marque le confluent de l'Allier avec un de ses affluents rive gauche : la Guèze. Un sondage a rencontré six mètres d'un mélange d'argile, de débris calcaires et de sables de roches volcaniques, reposant sur quatre mètres d'alluvions grossières.

Au lieu-dit Les Champuis, dans la banlieue sud de Moulins, l'épaisseur de la nappe F_x varie de 2 à 4 mètres ; en rive gauche, à La Jolivette, elle est voisine de 4 mètres.

Ailleurs, les renseignements font défaut ; cependant, les observations de terrain laissent supposer des épaisseurs plus importantes vers Bessay.

Du Sud au Nord, l'altitude du toit des alluvions F_x décroît de 228 à 210 mètres, ce qui représente une déclivité nettement plus faible que celle observée dans le cadre de la feuille Saint-Pourçain située au Sud.

F_y. Alluvions de l'Allier. Après avoir profondément entaillé les alluvions F_x, la nappe F_y a subi à son tour l'action des cours d'eau actuels. Les témoins qui en subsistent sont importants mais discontinus et très découpés.

Les matériaux qui la composent sont des sables hétérométriques

quartzo-feldspathiques assez fins, non argileux, emballant une notable proportion (30 à 40 %) de galets et de graviers très sains de granites et de gneiss, de quartz et de roches volcaniques.

Une couverture sableuse fine, localement argileuse, constitue la phase finale de sédimentation.

L'épaisseur de la nappe Fy, reconnue en sondage, atteint 9 à 11 mètres à Moulins. Une déclivité de 17-18 mètres affecte les alluvions Fy dont l'altitude du toit passe de 221 m au Sud à 203 m au Nord.

Cette pente est comparable à celle du niveau plus ancien Fx.

Fy-z, Fz. **Alluvions de l'Allier.** Le remodelage par l'Allier d'une large part des alluvions Fy a amené la définition d'un terme intermédiaire Fy-z entre les dépôts actuels Fz et la nappe antérieure Fy. Ces zones ainsi cartographiées, très importantes dans la moitié sud de la feuille, représentent des surfaces Fy, soit partiellement érodées et remaniées, soit profondément entaillées par un réseau de chenaux récents.

La plus basse nappe des alluvions (Fz) occupe le lit mineur et les zones inondables de la plaine alluviale de l'Allier dont les divagations actuelles sont importantes.

Les matériaux, essentiellement sableux, non argileux, ne présentent aucune trace d'altération. A la fraction inférieure à 10 mm, représentant les trois quarts du sédiment global, se mêlent des graviers et galets de granites et de gneiss, de quartz et de roches volcaniques.

L'altitude du toit des alluvions Fz, variant de 215 au Sud à 198 mètres au Nord, donne à cette nappe une pente légèrement plus faible que celle des deux niveaux antérieurs.

Grâce à un certain nombre de sondages et à deux profils électriques, l'épaisseur de la nappe, de même importance du Sud au Nord, est assez bien connue. Elle varie de 7,50 à 12,00 m dans les zones annotées Fy-z et de 6 à 8 mètres dans le Fz.

Autres vallées

Fw_bQ, FxQ, FxG. **Alluvions des cours d'eau d'importance secondaire (la Queune, la Guèze).** La formation fluvio-lacustre du Bourbonnais est drainée par un réseau assez dense d'affluents secondaires aboutissant à la Loire (vers l'Est) et en rive droite de l'Allier. Les dépôts colluviaux des thalwegs (C₁) passent insensiblement à des dépôts mixtes colluvio-alluviaux (CF) puis à des alluvions modernes Fz (ou Fy-z, si deux nappes se distinguent). Dans ces alluvions, une importante fraction argileuse se mêle aux sables et graviers quartzeux. Les ruisseaux de la rive gauche de l'Allier prennent leur source dans le socle cristallin, puis drainent la bordure ouest de l'Oligocène et le Bourbonnais. Dans la composition de leurs alluvions actuelles, entre une importante fraction de résidus granitiques. Des témoins de nappes plus anciennes subsistent dans les deux plus importants de ces cours d'eau, la Guèze (FxG) et la Queune (Fw_bQ et FxQ).

GÉOLOGIE STRUCTURALE — TECTONIQUE

Cette feuille ne recouvrant que fort peu de formations paléozoïques, les événements géologiques principaux anciens ne peuvent être observés que sur les régions occidentales.

Le socle granitique et gneissique, probablement plissé au cours des mouvements calédoniens, a été très affecté par l'orogénèse hercynienne.

De nombreux filons de microgranulite orientés NW-SE (direction armoricaine) se sont probablement mis en place au cours des premières phases de plissement.

En liaison avec ces plissements, des bassins le plus souvent alignés, s'individualisent selon une direction varisque (N.NE-S.SW) et sont le siège pendant le Stéphanien,

d'une sédimentation essentiellement détritique avec épisodes volcaniques.

Des mouvements tardifs stéphano-autuniens provoquent localement le plissement des dépôts carbonifères selon une direction varisque et une reprise de l'érosion qui se traduit par la mise en place des larges épandages détritiques permien.

A la fin de l'Éocène et au cours de l'Oligocène, les mouvements alpins provoquent l'effondrement de larges grabbens d'orientation générale nord-sud. Les accidents majeurs, causes de la formation de ces profonds bassins, se sont généralement développés sur des réseaux de fractures anciennes hercyniennes pour la plupart.

Dans le bassin de Moulins, l'exploration, par les méthodes géophysiques et les sondages, ne permet de se faire qu'une idée très approximative de la structure profonde. L'accident de la bordure ouest, d'orientation générale nord-sud, est décomposable en accidents mineurs orientés selon trois directions principales N.NE-S.SW, N-S et N.NW-S.SE.

Les directions semblent se retrouver en profondeur : deux failles profondes N-S ont été décelées par les méthodes géophysiques sur la rive gauche de l'Allier (fig. 4) ; les fosses subdivisant le bassin présentent trois orientations principales : E-W pour la fosse Nord-Saint-Pourçain, N.NW-S.SE dans le *golfe* Ouest-Moulins, N.NE-S.SW dans la fosse principale de Moulins-Est.

Les dépôts limagnais ont enregistré les phénomènes orogéniques régionaux. Aux quatre principaux épandages détritiques doivent probablement correspondre quatre phases tectoniques, la dernière en date se situant à l'Oligocène supérieur.

Au cours du Néogène et du Quaternaire, l'activité tectonique semble avoir cessé dans la région ; toutefois, un affaissement d'orientation N.NW-S.SE allant de Bresnay (Moulins) à Montigny (Saint-Pourçain) semble avoir affecté les dépôts oligocènes avant la mise en place des épandages fluviaux plio-quaternaires.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATION

HYDROGÉOLOGIE

Les caractéristiques aquifères des différentes formations affleurant sur le territoire de la feuille Moulins dépendent essentiellement de leur faciès et des mouvements tectoniques qui les ont affectés (failles, cassures, ...).

Formations cristallines

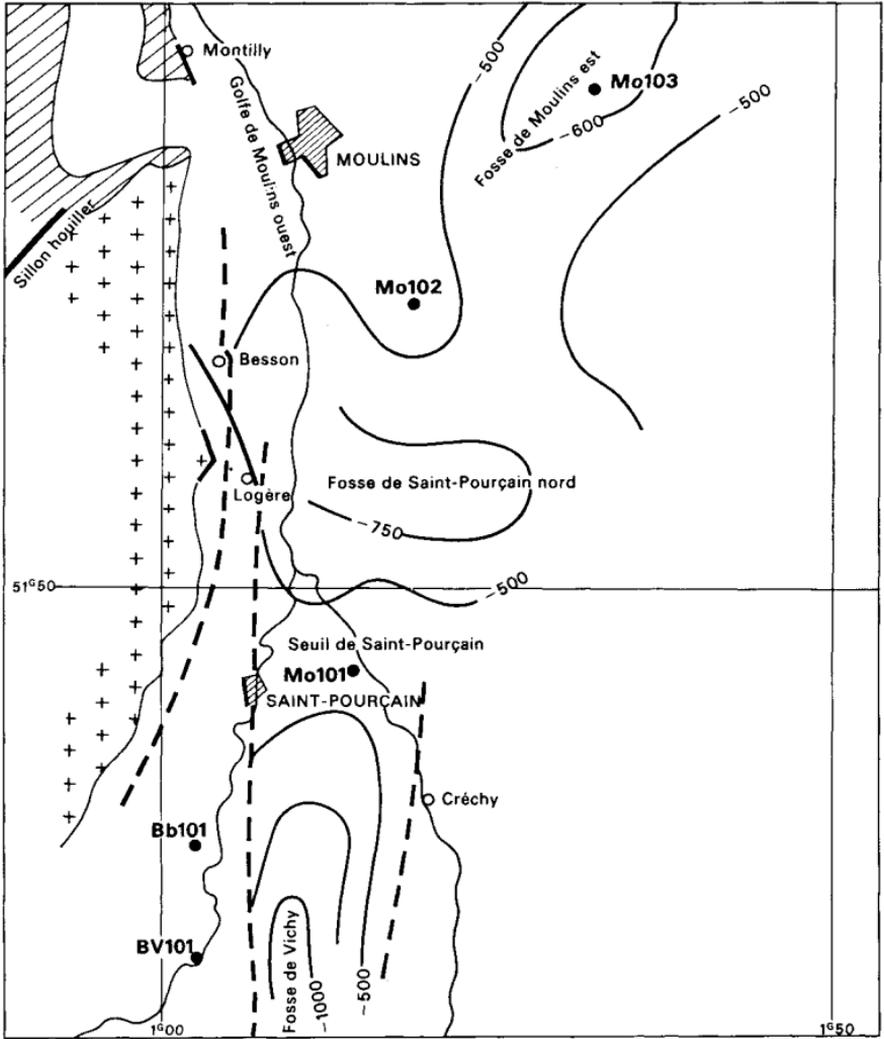
Dans le cadre de la feuille Moulins, il n'existe aucun captage dans ces formations pour l'alimentation communale. De plus, aucun inventaire systématique des sources et puits principaux n'a été entrepris dans le département de l'Allier. Sur les feuilles Maringues et Mayet-de-Montagne cependant, le C.E.A. (*) s'est intéressé à l'hydrogéologie des granites de la montagne bourbonnaise (région de Lachaux) et y souligne l'importance des circulations aquifères. Plusieurs sources ont pu être rattachées à des structures géologiques bien définies : sources de failles, de zones fissurées, de contacts différentiels (filons), d'arènes. Aussi, il serait bien imprudent de porter une appréciation définitive sur les possibilités aquifères de ces formations qui, bien que plus défavorisées par la pluviométrie que celles de la région de la montagne bourbonnaise, donnent naissance à des sources dont le débit varie entre 2 et 5 l/s et possèdent des caractéristiques physico-chimiques très satisfaisantes pour l'alimentation des communes rurales.

Grès permien

Généralement argileux, ils sont pratiquement imperméables et ne renferment aucune nappe aquifère importante.

(*) C.E.A. : Commissariat à l'énergie atomique.

Fig. 4 - Carte structurale schématique



LÉGENDE

- | | | | |
|--|-------------------------|---|---|
|  | Oligocène |  | Isohypes de la base des formations tertiaires |
|  | Carbonifère-Permien |  | Failles profondes présumées |
|  | Formations cristallines |  | Failles observées en surface |
| | |  | Principaux sondages |

Formations oligocènes

La combinaison de la tectonique et des variations lithologiques donne naissance à des compartiments de composition variable ; il en résultera pour les horizons aquifères une certaine discontinuité, mais rien ne permet de préciser leur localisation. Quelques rares puits fermiers exploitent cette nappe lorsqu'elle est peu profonde (entre 5 et 10 m). Cependant, un captage à Yzeure, descendu à 70 m de profondeur, a rencontré une nappe à la base de l'Aquitainien. Quelques sources de pied de talus au débit de quelques litres/minute alimentent des lavoirs communaux.

Sables et argiles du Bourbonnais

Cette formation uniforme dans son ensemble possède une composition et une puissance variable suivant l'environnement géologique. Il en résultera un système aquifère discontinu et hétérogène avec de petites nappes isolées, parfois superposées et irrégulièrement réparties. Elles sont, pour la plupart, exploitées par des puits fermiers. L'eau circulant mal dans cette formation, les débits obtenus sont de l'ordre de $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$; l'alimentation de cette nappe est essentiellement liée à la pluviométrie et le rôle de la végétation semble y être important.

Ces sables à cailloux et argiles donnent quelquefois naissance à des sources, comme à Trévol, au Nord de Moulins (hors feuille) où le débit, assez appréciable (16 l/s), a permis de réaliser un captage pour l'alimentation du syndicat du Nord de Moulins, formé par quatre communes. Un tel débit pour cette formation peut s'expliquer, soit par la présence d'une dépression topographique contemporaine de la sédimentation des marnes et postérieurement comblée par les sables pliocènes, soit par un thalweg dû au ravinement du substratum marneux par les courants pliocènes, ou peut-être même par ces deux mécanismes combinés. Cette source fournit en moyenne $500 \text{ m}^3/\text{jour}$.

A Yzeure, un forage destiné à l'A.E.P. communale a traversé 17 m de sable et argile du Pliocène ; le niveau piézométrique de la nappe se trouvait à 4 m de profondeur ; lors des pompages d'essai à un débit moyen de $11 \text{ m}^3/\text{h}$, le rabattement de la nappe était de l'ordre de 5 m, mais pour un débit de $30 \text{ m}^3/\text{h}$, au bout de 6 h de pompage, le forage fut asséché.

Cette formation ne semble pas posséder des ressources aquifères économiquement exploitables, d'autant que les alluvions de l'Allier sont géographiquement proches.

L'eau de cette formation, bien que légèrement agressive, est de bonne composition au point de vue potabilité chimique.

Alluvions quaternaires

Les ressources les plus intéressantes sont fournies par les alluvions quaternaires, dont la valeur aquifère est très importante.

On distingue :

— *les alluvions anciennes*. Elles forment les terrasses classiques et renferment des nappes dont la puissance est fonction de l'étendue, de l'épaisseur et de la perméabilité de ces alluvions. En règle générale, l'alimentation de ces nappes se fait à partir des pluies et quelquefois par des apports de bordures. Bien que couvrant une superficie relativement importante dans le cadre de la feuille Moulins, cette formation est souvent discontinue ; c'est ainsi que les hautes terrasses ne renferment qu'une nappe de faible débit et que les bas niveaux restent peu intéressants, ne fournissant que des sources au débit de quelques litres/minute qui se déversent dans les alluvions récentes de l'Allier. Aucun captage important ne sollicite cette formation, exploitée seulement par quelques puits fermiers et quelques sources qui alimentent de petites installations communales (fontaine, lavoir).

— *les alluvions modernes de l'Allier*. Elles sont seules à présenter un réel intérêt du point de vue réservoir, étant donné la faible importance du point de vue économique des alluvions des affluents.

Les plages alluvionnaires de l'Allier (feuille Moulins) s'étalent tout au long de son cours, mais leur importance est très inégale. La largeur de la plaine alluviale atteint un maximum de 4 km au niveau de Chemilly et sa largeur minimum 1,2 km un peu en aval de Moulins (Nord de Bressolles en rive gauche, à Yzeure-Normazy en rive droite). Les marnes stampiennes constituent le substratum des alluvions sur l'ensemble de la feuille.

L'épaisseur des alluvions reconnue par sondage atteint une moyenne de 10 m avec un maximum de 15 m sur la commune de Toulon-sur-Allier (rive droite) au lieu-dit les Dionnets ; le toit de la nappe se situe à 2 m environ au-dessous du sol, ce qui donne une épaisseur totale de la nappe de 8 m en moyenne.

La nature des alluvions est très variable ; il semble que l'évolution générale de la granulométrie vers les éléments les plus fins se fasse de l'amont à l'aval.

Les cartes piézométriques de la surface de la nappe établies à différentes périodes de l'année, montrent que l'Allier draine la nappe, sauf peut-être en période de grande crue de l'Allier où l'écoulement se ferait de l'Allier vers les alluvions. Les caractéristiques hydrauliques de cet horizon aquifère, transmissivité (T), perméabilité (K) et emmagasinement (S), se situent dans les valeurs suivantes :

$$8.10^{-2} > T > 1.10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$1.10^{-2} > K > 1.10^{-3} \text{ m/s}$$

$$8 \% > S > 1 \%$$

Les débits généralement obtenus varient entre 120 et 200 m³/h.

C'est donc en raison de leur richesse en eau que les alluvions modernes de l'Allier sont abondamment exploitées, soit par des syndicats intercommunaux d'A.E.P., soit par des particuliers, pour l'irrigation des cultures (maïs). Le Syndicat Moulins-Yzeure possède une station de pompage (10 puits) sur la rive gauche de l'Allier, un peu au Sud de la voie ferrée. Le volume d'eau pompée est en moyenne de 13 000 m³/jour ; le reste des communes de la feuille est rattaché au syndicat de la Sologne bourbonnaise qui a ses captages dans les alluvions de la Loire (hors feuille).

L'Allier, dont le régime est semi-torrentiel, coule sur un fond sableux et caillouteux peu favorable au colmatage de son lit. De ce fait, la nappe alluviale se trouve en communication constante avec la rivière. Par contre, les pompages continus à fort débit entraînent des fines particules argileuses et favorisent ce phénomène de colmatage qui tend à diminuer les rendements des ouvrages de captage.

Les caractéristiques physico-chimiques de cette eau sont bonnes et un simple traitement bactériologique suffit à remédier à la pollution des eaux de l'Allier.

RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES

sab, sgr. **Sables et graviers.** Les sables et graviers, présents en grande abondance dans la région, sont exploités dans les alluvions quaternaires de la vallée de l'Allier et dans certains horizons de sables et argiles du Bourbonnais. Dans cette dernière formation, ils font l'objet d'une exploitation en nombreuses petites carrières à caractère artisanal et temporaire ; les matériaux ne sont généralement employés, à l'échelle locale, que pour l'entretien de la voirie et plus rarement comme remblai routier. Pour ce dernier usage, sont surtout exploités les sables à galets. Aux environs de Moulins, ces matériaux grossier sont exploités à la pelle mécanique sur 5 à 10 m de puissance.

Les sables et graviers des alluvions quaternaires ne sont exploités industriellement que dans les très basses nappes (Fy-z, Fz) : en lit vif par dragage à point fixe (Moulins), dans la plaine alluviale à l'aide d'engins mobiles. Les matériaux exploités, constitués de quartz, de débris de roches éruptives, métamorphiques et volcaniques non altérés, sans matrice argileuse, sont essentiellement sableux, les éléments grossiers n'excédant que rarement 50 mm de diamètre. Ils sont le plus souvent employés pour la construction, la fabrication d'enrobés bitumeux routiers et comme remblais. L'épaisseur de cette nappe reconnue dans le cadre de la feuille est en moyenne de 8 mètres.

argr. **Argiles réfractaires.** Dans la formation des sables et argiles du Bourbonnais, existent des horizons argileux exploités anciennement pour la fabrication de tuiles (Montbeugny, Neuilly-le-Réal, Yzeure) et encore actuellement dans de petites exploitations à Thiel-sur-Acolin, aux Loges de Saint-Pourçain et à l'étang de la Fin, pour la fabrication de produits céramiques. Les niveaux argileux, peu épais (maximum 3 m) et discontinus, ne sont généralement accessibles qu'après le déblaiement d'un important recouvrement sableux stérile et sont exploités à la pelle mécanique.

Grès. A Coulandon, les grès quartzo-feldspathiques stéphano-autuniens ont jadis été exploités et utilisés comme pierre à bâtir notamment à Moulins.

Calcaires. Les formations récifales oligocènes, affleurant en rive gauche de l'Allier, ont anciennement été exploitées dans de nombreuses petites carrières pour la fabrication de la chaux.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SITES CLASSIQUES

Quelques points sur cette feuille présentent un intérêt géologique en raison des faciès qu'ils présentent ou pour les nombreux travaux qui leur ont été consacrés.

Le Stéphano-Autunien de Coulandon est encore aisément observable dans de profondes carrières abandonnées. Les formations oligocènes ne sont bien observables qu'en quelques points : des faciès calcaro-détritiques au Nord de Bresnay (Les Gypciers) et au Sud de Montilly (grès de Maison-Neuve) et les marnes à récifs dans de nombreuses anciennes carrières souvent en voie de comblement (la meilleure coupe peut être observée à Montlo, rive gauche de la Queune).

Les formations du Bourbonnais sont visibles sur des coupes partielles dans de nombreuses carrières pour les niveaux inférieurs à galets. A Thiel-sur-Acolin, un niveau d'argile noire très riche en bois fossiles a fait l'objet de datations (étude des bois et des pollens : limite Pliocène—Villafanchien).

COUPES RÉSUMÉES DES PRINCIPAUX SONDAGES

- **Moulins 103** (RAP, 1960) (598-4-1) — $x = 689,750$; $y = 177,700$; $z = +235$ (voir coupe en marge de la carte).
- **Moulins 102** (RAP 1960) (598-6-1) — $x = 681,520$; $y = 166,270$; $z = +236$.

en mètres

0	—159	: marnes vertes à Ostracodes
159	—307,50	: marnes vertes et calcaires à rares niveaux de <i>schistes papyracés</i> au sommet
307,50	—412	: marnes et sables alternés
412	—418	: calcaire
418	—482,50	: marnes et sables
482,50	—596	: marnes et calcaires
596	—641	: sables argileux
641	—650,80	: socle métamorphique (gneiss probable).

- **Chapeau** — Bois de Chapeau (598-7-2) — Sondage B.R.G.M.
x = 689,500 ; y = 168,425 ; z = +276.

en mètres

0,00— 0,50	:	sol sableux, brun-gris
0,50— 4,50	:	argile à passées sableuses et silteuses
4,50— 7,00	:	sable hétérométrique fin à grossier quartzo-feldspathique, argileux
7,00—11,00	:	alternance d'argile et de silt argileux
11,00—19,00	:	alternance de sable et de silt
19,00—20,80	:	alternance de sable et d'argile
20,80—24,00	:	sable grossier.

- **Neuilly-le-Réal** — Bois de Leyde (598-7-1) — Sondage B.R.G.M.
x = 686,325 ; y = 165,00 ; z = +287.

en mètres

0,00— 4,50	:	argile sableuse
4,50— 7,70	:	sable très argileux
7,70—13,50	:	sable grossier argileux
13,50—15,50	:	argile grise et silt
15,50—20,00	:	alternance de sable fin et de sable grossier argileux
20,00—21,35	:	alternance de sable et d'argile
21,35—24	:	alternance de sable fin et de sable très grossier.

- **Neuilly-le-Réal** — Bois de Bord (598-6-61) — Sondage B.R.G.M.
x = 682,025 ; y = 163,200 ; z = +272.

en mètres

0,00— 0,40	:	sol sableux
0,40— 2,50	:	argile sableuse
2,50— 4,00	:	sable fin à grossier argileux
4,00— 4,30	:	argile et silt
4,30— 7,10	:	sable fin à grossier
7,10— 7,60	:	argile sableuse micacée
7,60—13,50	:	alternance de sable fin et de sable grossier
13,50—24,00	:	alternance de sable à galets et de sable grossier.

- **Thiel-sur-Acolin** — Les Nauds (598-8-5) — Sondage B.R.G.M.
x = 693,775 ; y = 169,500 ; z = +241.

en mètres

0,00— 3,00	:	sable quartzo-feldspathique
3,00— 3,30	:	argile sableuse
3,30— 5,00	:	alternance de sable grossier et de silt argileux
5,00— 7,50	:	argile gris foncé
7,50—25,50	:	nappe phréatique à 7,50 m, récupération nulle
25,50—27,50	:	argile compacte, verdâtre à bleuâtre.

- **Thiel-sur-Acolin** — La Montre (598-8-4) — Sondage B.R.G.M.
x = 692,625 ; y = 169,900 ; z = +258.

en mètres

- 0,00— 1,70 : argile sableuse
1,70—11,00 : sable grossier à passées argileuses
11,00—14,10 : argile sableuse
14,10—20,70 : argile compacte grise à noirâtre emballant de nombreux bois fossiles vers 16 mètres
20,70—24,00 : sable grossier.

BIBLIOGRAPHIE

Carte consultées

Carte géologique à 1/80 000, feuille Moulins :

- 1ère édition (1888) par L. DE LAUNAY
- 2ème édition (1940) par A. RANDOUIN.

Carte pédologique du Val d'Allier à 1/100 000 (1969) par M. BORNAND, G. CALLOT, J.C. FAVROT, I.N.R.A., Montpellier.

Ouvrages et documents

- BERTRAND—SARFATI J., FREYTET P., PLAZIAT J.C. (1966) — Les calcaires concrétionnés de la limite Oligocène—Miocène des environs de Saint-Pourçain-sur-Sioule (Limagne d'Allier). Rôle des Algues dans leur édification ; analogie avec les Stromatolithes et rapport avec la sédimentation. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7e série, t. VIII, p. 652-662.
- BORNAND M., CALLOT G., FAVROT J.C. (1966) — Étude pédologique du Val d'Allier. Rapport I.N.R.A., Service Étude des Sols.
- BORNAND M., CALLOT G., FAVROT J.C., SERVANT E. (1968) — Les sols du Val d'Allier (feuille Moulins). I.N.R.A., centre de Recherches agronomiques du Midi. Service d'étude des sols, Montpellier.
- BOULANGER (1844) — Statistique géologique et minéralogique du département de l'Allier. Moulins, chez Desrosiers éd., 483 p.
- BOUT P. (1963) — Le Quaternaire du bassin supérieur de la Loire, des bassins moyen et supérieur de l'Allier et de leurs marges. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7e série, t. V, p. 472-482.
- C.E.A. (1964) — Carte inédite : Nord-Est du Massif Central à 1/200 000 par H. SANSELME.
- CLOCCHIATTI R., TOURENQ J. (1971) — Présence de quartz des ponces du Mont-Dore, d'âge pliocène dans les argiles sableuses du Bourbonnais. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 273, p. 2453-2455.
- COMBLE (de la) J., KOENIGUER J.C., PRIVE C. (1973) — Présence d'un bois de pin dans le Néogène de Diou-sur-Loire. *Bull. Soc. Hist. nat. d'Autun*, n° 65.

- DANGEARD L. (1933) — Quelques observations sur le Tertiaire de la Limagne bourbonnaise. Importance de phénomènes karstiques dus à la présence des calcaires concrétionnés. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e série, t. III, p. 381-385.
- DARESTE DE LA CHAVANNE J. (1913) — Sur l'Oligocène de la vallée de la Besbre (Allier). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 13, p. 224-231.
- DEWOLF (1962) — Étude des problèmes posés par la formation dite « des sables et argiles du Bourbonnais ». *Bull. Ass. Fr. Et. Sols*, n° 6-7, p. 337-342.
- DOLFUS G. (1910) — Notes géologiques sur le Bassin tertiaire de Saint-Gérard-le-Puy, Montaigu-le-Blin et de la vallée de la Besbre. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, XXI, n° 128, p. 16-23.
- DOLFUS G. (1923) — Notes paléontologiques sur l'Oligocène de la Limagne. Mollusques. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, XXVI, n° 147, p. 150-221.
- DUTHOU J.L. (1967) — Étude du massif de granite de Tréban (Allier). Thèse 3ème cycle, Clermont-Ferrand, 1 carte h.-t.
- ELF — Rapports et logs de sondages inédits, sondages Moulins 101-102-103, RAP, 1960.
- FORESTIER F.H. (1973) — Calcaires et dolomies dans les séries granulitiques du Haut-Allier et d'Armorique méridionale. Réunion annuelle des Sc. de la Terre, Paris, p. 190.
- GARDE G. (1937) — Les formations alluviales et les conglomérats trachytiques de la vallée de l'Allier. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 231.
- GENTILHOMME Ph. (1972) — Contribution à l'étude géologique de la région de Fleuriel (Allier). D.E.A., Orléans, non publié.
- GENTILHOMME Ph. — Existence de roches granulitiques rétro-morphosées en Bourbonnais : les leptynites et quartzites de Breuilly-Cesset (Allier). *A paraître*.
- GENY P. (1962) — Contribution à l'étude hydrogéologique et pédologique des terrasses alluviales de l'Allier et de la Sioule, en amont de Saint-Pourçain-sur-Sioule (Allier). Thèse 3ème cycle, Centre de Recherche et d'expérimentation du génie rural Antony. Laboratoire de Géographie physique et de Géologie dynamique. Fac. Sc. Paris.
- GINSBURG (1967) — L'âge relatif des gisements de Mammifères de la Limagne d'Auvergne. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 325.
- GIRAUD J. (1902) — Études géologiques sur la Limagne (Auvergne). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. XIII, n° 87.
- GLANGEAUD Ph. (1916) — Les alluvions pliocènes et quaternaires de l'Allier aux environs de Pont-du-Château, Randan (Puy-de-Dôme), Vichy, La Ferté-Hauterive (Allier). *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 4ème série, t. 16, p. 127-129.

- GORIN G. (1974) — Étude palynostratigraphique des sédiments paléogènes de la Grande Limagne (Massif Central, France). Thèse, fac. Sc. univ. Genève, 314 p., 22 pl.
- GORIN G. (1975) — Étude palynostratigraphique des sédiments paléogènes de la Grande Limagne (Massif Central). *Bull. B.R.G.M.*, 2ème série, sect. 1, n° 3.
- GROLIER J. (1965) — Contribution à l'étude géologique des séries cristallophylliennes inverses du Massif Central français : la série de la Sioule (Allier, Puy-de-Dôme). Thèse de doctorat d'État, Clermont-Ferrand, cartes h.-t., bibliographie très complète. *Mémoire B.R.G.M.*, n°64.
- GUILLOT L. (1959) — Bois fossiles de Thiel-sur-Acolin (Allier). *Rev. Sc. Bourbonnais*, p. 47-48.
- GUILLOT L., REY R. (1973) — L'Oligocène du Bourbonnais. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 276, p. 1809-1811.
- HUGUENEY M. (1972) — Les Talpidés (*Mammalia*, *Insectivora*) de Coderet-Bransat (Allier) et l'évolution de cette famille au cours de l'Oligocène supérieur et du Miocène inférieur d'Europe. *Documents labo. géologie Fac. de Lyon, Notes et Mémoires*, n° 50, p. 1-81.
- JUNG J. (1946) — Géologie de l'Auvergne et de ses confins bourbonnais et limousins. *Mém. Serv. Carte géol. Fr.*, 1 vol., 372 p.
- LAKATOS C. (1959) — Bibliographie géologique et minière des départements du Puy-de-Dôme, du Cantal, de la Haute-Loire et de l'Allier. *Annales Fac. Sc. Univ. Clermont*, n° 1, 3ème fasc.
- LAUNAY (de) L. (1888) — Étude sur le terrain permien de l'Allier. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3ème série, t. XVI, p. 298-337.
- LAUNAY (de) L. (1913) — Les gîtes minéraux et métallifères : tome 1, Ch. Béranger éd., Paris.
- LAUNAY (de) L. (1923) — Étude sur le plateau central. Note sur le terrain tertiaire de la Limagne bourbonnaise. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 147, t. XXVI.
- LASNIER B. (1973) — Roches basiques et ultrabasiques dans le faciès granulite en Haut-Allier et Armorique méridionale. Réunion annuelle des Sc. de la Terre, Paris, p. 256.
- LAVOCAT R. (1951) — Révision de la faune des Mammifères oligocènes d'Auvergne et du Velay. Edit. Sciences et Avenir, Paris.
- MARCHAND J. (1973) — Granulites acides en Haut-Allier et Armorique méridionale. Leur rétomorphose et leur mobilisation en gneiss et anatexites mésozonaux. Réunion annuelle des Sciences de la Terre, Paris, mars 1973, p. 286, volume de résumés.
- MELINE L. (1973) — Analyse pollinique des argiles à kaolin de Diou-sur-Loire. *Bull. trim. de la Soc. d'Hist. nat. et des amis du Muséum d'Autun*, nouv. sér., 65, p. 24-27.

- MORANGE A., HÉRITIER F., VILLEMEN J. (1971) — Contribution de l'exploration pétrolière à la connaissance structurale et sédimentaire de la Limagne, dans le Massif Central. Dans : Géologie, Géomorphologie et structure profonde du Massif Central français. Symposium Jean Jung, p. 295-308, Plein Air Service édit., Clermont-Ferrand.
- PECOIL R. (1960) — Esquisse géologique et hydrogéologique du département de l'Allier. *Bull. I.N.H.*, n° 2, p. 339-366.
- PERREAU A. (1950) — Les alluvions à chailles de la vallée de l'Allier. *Rev. Sci. nat. Auvergne*, nouv. sér., t. 16, n° 14, p. 3-6.
- POMEL A. (1846) — Sur les animaux fossiles découverts dans le département de l'Allier. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 2ème série, t. III, p. 378-385.
- REY R. (1966) — Essais de corrélations entre bassins oligocènes de l'Europe occidentale, à l'aide des Gastéropodes continentaux. Thèse, Rennes.
- REY R. (1968) — Le niveau à *Cepaea subsulcosa* de Moulins. *Revue scientifique du Bourbonnais*, p. 34-55.
- REY R. (1970) — Rôle d'*Helix ramondi* dans la classification de l'Oligocène. *Revue scientifique du Bourbonnais*, p. 65-81.
- REY R. (1971) — Biostratigraphie des bassins tertiaires du Massif Central. Géologie, géomorphologie et structure profonde du Massif Central français. Symposium Jean Jung. Plein Air Service édit., Clermont-Ferrand, p. 309-330.
- REY R. (1972) — Nouvelles extensions du calcaire de Moulins dans le département de l'Allier. *Revue scientifique du Bourbonnais*, p. 84-110.
- RIBAULT (Le) L., TOURENQ J. (1972) — Mise en évidence de trois types d'apports détritiques dans les sables et argiles du Bourbonnais, d'après l'examen de la surface des grains de quartz au microscope électronique à balayage. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 274, p. 528-531.
- VAILLANT L. (1872) — Sur les Crocodiles fossiles de Saint-Gérard-le-Puy. *C.R. Acad. Sc.*, t. LXXIV, p. 872-875.
- VIRET J. (1925) — Sur la faune de Rongeurs de Saint-Gérard-le-Puy (Allier). *C.R. Acad. Sc.*, t. 181, p. 337-339.
- VIRET J. (1926) — Nouvelles observations relatives à la faune de Rongeurs de Saint-Gérard-le-Puy. *C.R. Acad. Sc.*, t. 183, p. 71-72.
- VIRET J. (1929) — Les faunes de Mammifères de l'Oligocène supérieur de la Limagne bourbonnaise. Thèse, *Ann. Univ. de Lyon*, fasc. 47.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

Toutes les observations de terrain et les résultats analytiques obtenus à partir des études de laboratoire sont regroupés dans un *dossier cartographique* consultable au Service géologique régional Massif Central (63800, Cournon-d'Auvergne) et à la

Banque des données du sous-sol du B.R.G.M. (45018, Orléans-La Source). D'autre part, la Banque des données du sous-sol détient aussi l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés, soit au S.G.R. Massif Central, 22 avenue de Lempdes, 63800 Cournon-d'Auvergne, soit au B.R.G.M., 17-19 rue de la Croix-Nivert, 75015 Paris.

AUTEURS

Cette notice a été rédigée par D. GIOT (B.R.G.M.) avec la participation de P. GENTILHOMME (collaborateur) pour les formations paléozoïques, de R. BOUILLER (B.R.G.M.) et L. CLOZIER (B.R.G.M.) pour les formations fluvio-lacustres du Bourbonnais et les complexes de formations, de R. FLEURY (B.R.G.M.) pour les formations alluviales et de R. BELKESSA (B.R.G.M.) pour l'hydrogéologie.

Les déterminations malacologiques ont été réalisées par R. REY (C.N.R.S.), les études palynologiques par J.-J. CHÂTEAUNEUF (B.R.G.M.), les analyses de minéraux lourds par J. TOURENQ (Fac. Sc. Paris VI), les études diverses par le Service sédimentologie et le département Laboratoires du B.R.G.M..