



LA FERTÉ- -MACÉ

La carte géologique à 1/50 000
LA FERTÉ-MACÉ est recouverte par la coupure
ALENÇON (N° 62)
de la carte géologique de la France à 1/80 000

Fiers- de-Orne	Argentan	Sées
Domfront	LA FERTÉ-MACÉ	Alençon
Mayenne	Villaines- -la-Juhel	Fresnay- -s-Sarthe

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

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

LA FERTÉ- -MACÉ

XVI-16

*Mont des Avaloirs
et haute vallée
de la Mayenne*

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



NOTICE EXPLICATIVE

SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
<i>APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE</i>	2
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT ET APPORTS DE LA CARTE</i>	3
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE</i>	5
DESCRIPTION DES TERRAINS	7
<i>TERRAINS SÉDIMENTAIRES (ET VOLCANIQUES INTERSTRATIFIÉS)</i>	7
Briovérien supérieur	7
Primaire	9
Secondaire	15
Tertiaire	16
Formations superficielles et quaternaires	16
<i>ROCHES MÉTAMORPHIQUES</i>	17
<i>ROCHES PLUTONIQUES</i>	17
<i>ROCHES FILONIENNES</i>	18
GÉOLOGIE STRUCTURALE	19
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	23
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	23
<i>RESSOURCES MINÉRALES</i>	23
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	25
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i>	25
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	25
<i>ANALYSES CHIMIQUES</i>	29
<i>TABLEAU D'ÉQUIVALENCE DES NOTATIONS</i>	30
<i>DOCUMENT ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	30
AUTEURS	31

INTRODUCTION

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE

La nouvelle carte de la Ferté-Macé à 1/50 000 couvre un territoire qui enjambe la frontière entre la *Normandie* (département de l'Orne au Nord et à l'Est) et le *Bas-Maine* (département de la Mayenne au Sud-Ouest), dans un éperon avancé du *Massif armoricain* vers le Bassin de Paris.

Des croupes humides, nappées de grandes forêts et tendues d'escarpes blanches de grès, s'imposent dans le Haut-Pays (250 à 400 m). Ailleurs, des bocages montueux, d'altitude plus modeste (150 à 200 m), traduisent la présence d'un autre substrat : c'est le pays du schiste et du granite. Une histoire géologique complexe marque en effet cette partie du Massif armoricain où deux chaînes de montagnes ont pu se former successivement et être érodées jusqu'à leurs racines. Les éléments structuraux les plus vigoureux tirent leur origine de la dernière, la chaîne hercynienne ; entre eux, apparaît le socle plus ancien d'une chaîne précambrienne.

La *chaîne précambrienne* est constituée de schistes plus ou moins ardoisiers et de grès, verticaux et affleurant largement dans la région nord de Saint-Martin-des-Landes d'une part, entre Saint-Aignan-de-Couptrain et Pré-en-Pail d'autre part. L'*âge briovérien* de ces sédiments signifie qu'il s'agit d'un Précambrien plutôt récent (Protérozoïque supérieur). Le plissement de ce matériel est qualifié de cadomien, en raison de sa mise en évidence initiale dans la région de Caen (= *Cadomus*) ; on estime qu'il date de quelque 600 millions d'années ; il s'accompagne d'intrusions plutoniques de *granitoïdes* : granite de la Ferté-Macé et granite de Saint-Pierre-des-Nids (Sud-Est de la carte) ; des auréoles de métamorphisme, développées à leur contact, engendrent des cornéennes.

La *chaîne hercynienne* est constituée, sur le territoire de cette feuille, de couches primaires dont l'âge s'étend depuis le *Cambrien* jusqu'à un *Dévonien inférieur* d'ailleurs peu représenté. Le matériel comporte des assises gréseuses (grès cambriens, Grès armoricain, Grès de May, Grès culminant) ou schisteuses (schistes cambriens, Schistes du Pissot, ampélites siluriennes) mais aussi, et c'est l'un des grands intérêts de cette carte les produits d'un *volcanisme acide et aérien*, à forte explosivité, limité aux seuls temps cambriens. Les plis hercyniens, à la fin de l'ère primaire (Carbonifère), s'orientent au niveau de cette carte selon deux directions principales :

- la direction W.NW—E.SE (dite *armoricaine*), empruntée par le synclinal de Domfront et s'étendant ici entre Saint-Patrice-du-Désert et la forêt de Monnaie,
- la direction SW—NE (dite *varisque*), selon laquelle s'orientent l'anticlinal de Saint-Didier-sous-Ecouves et le synclinal de Saint-Julien-des-Eglantiers (Sud-Est de Pré-en-Pail) en prolongement du synclinorium de Pail.

En dépit de retouches ultérieures, cet *héritage hercynien dans la morphologie* est loin d'être consommé puisque tous les points hauts de la topographie s'accrochent aux directions ainsi définies. Par sa puissance et sa résistance, le *Grès armoricain* joue un rôle de vedette dans les formes du relief, doublé souvent, mais à un moindre degré, par le Grès de May. Une branche de Grès armoricain court au Sud du synclinal de Domfront, à des altitudes variant entre 200 et 320 mètres. On le retrouve, au Nord-Est de cette feuille, ceinturant le synclinal de Sées entre 330 et 410 mètres. En lambeaux ou pitons isolés [la roche Elie, la roche Mabile, la Butte-Chaumont (377 m)], il domine la fracture du Sarthon. La barre puissante de Multonne culmine au mont des Avaloirs (le plus haut sommet de l'Ouest de la France !) et se prolonge au Sud-Ouest par la corniche de Pail.

Mais cette morphologie relictuelle ne saurait minimiser les retouches apportées successivement à la pénéplaine hercynienne par le jeu des transgressions secondaires (jurassique et crétacée), même s'il n'en reste que peu de témoins, par l'installation de réseaux hydrographiques tertiaires, par le climat périglaciaire de la période quaternaire à l'origine de vastes cônes ou glacis d'éboulis. Au cours de cette dernière époque et par suite du soulèvement continu du Massif armoricain, des rivières s'encaissent profondément, telles, à travers le Grès armoricain, la Gourbe (gorges de Villiers, Ouest du synclinal de Domfront) ou la Cance (cluse de Goult, Nord-Est de la feuille).

A travers ce relief heurté mais ordonné selon une alternance parfois appalachienne, la *sélection hydrographique* est franche. Au Nord d'une ligne joignant le bord sud du synclinal de Sées (bois Mallet à Joué-du-Bois), les affluents de l'Orne (l'Udon, le Coupigny, la Cance) se dirigent vers le *bassin de la Manche*. Au Sud de cette ligne, la Mayenne et ses affluents (la Gourbe, le Tilleul, l'Aisne), le Sarthon se tournent vers le *bassin de la Loire*.

Au *plan climatique*(*), l'altitude relativement élevée explique une précipitation généreuse s'élevant généralement jusqu'à 1000 mm sur les échines gréseuses d'Ecouves, mais déjà plus faible dans le Bas-Pays du Maine : 780 mm à Couptrain. Il est courant qu'au cours des trois mois d'été, les pluies représentent plus de 20 % du volume annuel : 200 mm à Pré-en-Pail. En altitude, les pluies d'hiver alternent avec de nombreux jours de gel : 70 jours par an à Saint-Ellier-les-Bois.

Aussi, dès que se clairsème la trame serrée du bocage, aux lisières des grandes forêts, certains paysages de cette feuille, localisés sur les massifs primaires (Ecouves, Multonne, les Avaloirs), empruntent un cachet de petite montagne. La flore avec quelques espèces réputées montagnardes renforce cette impression : sorbier des oiseleurs, myrtille, grande luzule, linaigrette.

Les forêts domaniales dont le climax est celui de la *chênaie-hêtraie* font actuellement l'objet d'un aménagement adapté au substrat :

- futaie de feuillus (hêtre, chêne sessile et pédonculé, aulne, frêne) sur les sols bruns constitués aux dépens des schistes ou des colluvions masquant les grès ;

- futaie de résineux sur les sols podzoliques, filtrants et maigres, surmontant les grès et comportant pour moitié des espèces indigènes parfaitement adaptées (sapin pectiné, *Epicea commun*), pour l'autre moitié des espèces exotiques à croissance rapide (*Pseudotsuga douglasii*, *Epicea* de Sitka).

Charme du bocage, solitude et rudesse des grands massifs forestiers, deux pôles d'attraction du *Parc régional naturel Normandie—Maine* dont la carte la Ferté-Macé couvre le centre.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT ET APPORTS DE LA CARTE

La carte la Ferté-Macé à 1/50 000 est située approximativement au centre de la feuille Alençon à 1/80 000. Ce changement d'échelle appelait un nouveau style cartographique et amenait nécessairement à un accroissement très sensible des connaissances du sol. Avant d'aborder ces points, signalons qu'un choix a dû être fait quant aux formations superficielles. L'érosion différentielle, la haute altitude relative, la solifluxion entraînent que bien des formations altérables (schistes du Pissot, ignimbrites, etc.) sont généralement masquées par le *head* et les colluvions. Représenter sur la carte ces formations superficielles aurait nui aux précisions obtenues localement dans toute la région comprise entre les massifs d'Ecouves et de Multonne. La structure de l'Ordovicien dans la région de Saint-Patrice-du-Désert serait-elle apparue si la cartographie des limons d'altération y avait été privilégiée ?

(*) Les données concernant le climat et la végétation sont empruntées à Houzard.

Méthodologie. Trois méthodes sont à l'origine du renouveau de la cartographie :

- une *méthode stratigraphique la plus traditionnelle* : la position stratigraphique des volcanites cambriennes ainsi que leur condition de mise en place ont pu être établies par la recherche systématique des contacts avec les terrains encaissants et du remaniement du matériel pyroclastique dans les horizons volcano-sédimentaires ou arénacés immédiatement supérieurs. L'inventaire des conglomérats infra- (Cruchet) ou supra-rhyolitique (Livaie, la Lande), réalisé sur des milliers de galets, a permis de trancher sans retour sur l'altitude stratigraphique des périodes d'activité volcanique ;

- *minéraux lourds* : entre certains grès cambriens (k2) et le Grès armoricain (O2), l'attribution est parfois délicate. Les minéraux lourds extraits à partir d'une fraction fine ($62 \mu\text{m} < \phi < 125 \mu\text{m}$) de roches broyées se partagent entre deux cortèges également pauvres (indices de maturité, soit zircon + tourmaline + rutile, supérieurs à 90 %) mais sensiblement distincts. Le Grès armoricain contient toujours un taux de rutile supérieur à 10 %, ce taux pouvant s'élever à 35 %, la moyenne étant de 18,5 %. Les grès cambriens, avec un taux de tourmaline fort variable, sont toujours pauvres en rutile, mais contiennent souvent de l'apatite. La distinction des grès cambriens et armoricains porte donc sur le couple apatite-rutile. Dans une perspective stratigraphique, l'expérience montre qu'un taux de rutile notable est seul caractéristique du Grès armoricain, mais à l'inverse qu'un taux de rutile très faible n'autorise pas à conclure à un âge cambrien ;

- *minéraux argileux* : les schistes noirs paléozoïques, en l'absence de faune, sont difficilement attribuables à une formation précise (schistes llanvirno-llandeiliens du Pissot, schistes caradociens du Pont-de-Caen, schistes siluriens ou dévoniens). Les nombreux diffractogrammes RX, réalisés sur la fraction fine, montrent que les schistes ordoviciens (du Llanvirn au Caradoc) possèdent un cortège constant de minéraux argileux : 1/3 de chlorite, 2/3 d'illite. Les schistes siluriens et dévoniens se caractérisent par trois composants : chlorite, illite, pyrophyllite, auxquels s'ajoute quelquefois un interstratifié.

Les acquisitions. Par rapport à la carte Alençon à 1/80 000 (3^e édit., 1963) établie par M.-J. Graindor et M.-M. Roblot, la carte la Ferté-Macé constitue un renouveau à un triple point de vue.

Au plan stratigraphique les principaux apports sont les suivants :

- interstratification des volcanites acides dans les formations sédimentaires du Cambrien (*sensu lato*) à l'exception du massif de Multonne où les tufs vitroclastiques reposent directement sur le socle cadomien. Dans l'ancienne interprétation, l'âge antécambrien de toutes les volcanites était proposé, négligeant les observations déjà pertinentes de A. Bigot (Alençon, 2^e édit., 1924) à ce sujet ;

- distinction, au lieu de trois, de cinq formations ordoviciennes (Grès armoricain, Schistes du Pissot, Grès de May, Schistes du Pont-de-Caen, Tillite de Feuguerolles) ;
- âge au moins ashgillien de la Tillite de Feuguerolles.

Au plan pétrographique :

- géochimie des volcanites,
- distinction des structures et des modes d'émissions : ignimbrites, nappes de ponces, tufs à textures vitroclastiques, brèche d'intrusion, lahar.

Au plan cartographique, sont totalement remaniés :

- le massif d'Ecouves (synclinal de Sées, anticlinal de Saint-Didier, synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois),
- les massifs de Saint-Ellier-les-Bois et de Multonne,
- le synclinal de Domfront, au niveau de Saint-Patrice-du-Désert ; ce dernier synclinal a fait l'objet de levés partiels de R. Maillot (1969) selon des options stratigraphiques très différentes de celles des auteurs.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

La carte la Ferté-Macé occupe une position des plus intéressantes au point de vue paléogéographique. A l'évidence, une région orientale où la transgression sur le socle précambrien commence dès le Cambrien (et se poursuit au moins jusqu'au Dévonien inférieur) : telle est la définition paléogéographique de la *Normannia méridionale* (F. Doré, 1969), aire reconnue jusqu'au massif de Perseigne à l'Est, la Charnie au Sud. A l'Ouest, une région où la transgression paléozoïque, plus tardive, ne débute qu'avec le dépôt du Grès armoricain (Arenigien) : ainsi se définit la *Mancellia*, vaste terre émergée, aux temps cambriens, aux confins de trois provinces, la Normandie, le Maine, la Bretagne. La région couverte par cette carte correspond plus précisément à un cap mancennien dans cette *Normannia*.

Mais l'histoire sédimentaire qu'on peut appréhender démarre au *Briovérien supérieur* avec un dépôt monotone de vases, silts et sables fins grauwaqueux. L'épaisseur est inestimable. Le bassin de sédimentation déborde très largement de cette carte, car nul morcellement de celui-ci ne peut être envisagé. Le milieu de sédimentation est vraisemblablement profond ; des paléopentes existent ici ou là, génératrices de turbidité. La région a été concernée par le dépôt de tilloïdes (Couptrain). Les plissements de la dernière phase cadomienne ne sont pas autrement datables que par leur antériorité au Cambrien inférieur et aux intrusions granitiques tardi-tectoniques (617 millions d'années ?). Les séries glyptogéniques de cette chaîne sont constamment entraînées vers l'Est, conformément au pendage local de la pénélaine qui s'élabore. A la surface de celle-ci, les granites sont arénisés puisque leurs galets ne figurent pas dans le conglomérat de la base du Cambrien.

Au *Cambrien*, la sédimentation, d'abord molassique et continentale, se localise au Nord-Est du territoire de la feuille (synclinal de Sées, anticlinal de Saint-Didier-sous-Ecouves, Saint-Ellier-les-Bois). Le groupe de conglomérats (k_{1a}), d'arkoses (k_{1b}) et de schistes violacés (k_{1c}) traduit, par sa rubéfaction fréquente, les conditions ferrallitiques de la pénélaine voisine et oxydantes des bassins endoréiques du dépôt. L'épaisseur, fort variable, ne dépasse pas 200 mètres. Des émissions fissurales acides se déclarent ensuite dans toute la région située à l'Est d'une ligne joignant Chahains à Lalacelle. Ce complexe qualifiable globalement de quartz-kératophyre (kK^1) prend forme essentiellement d'*ignimbrites* en Ecouves et dans le massif de Saint-Ellier ; il mord sur la pénélaine dans le massif de Multonne. La continentalisation provisoire de cette région entraîne des remaniements (lahar) et l'installation de réseaux hydrographiques où se rassemblent des conglomérats polygéniques supravolcaniques (k_2). Le bon classement et la plus grande extension au Sud des grès (k_2) qui succèdent attestent que la sédimentation, quoique toujours très littorale, s'effectue maintenant dans le domaine marin, à une époque indéterminée (Cambro-Trémadocien ?). Alors, comme partout en Normandie et dans le Maine, l'épirogenèse met fin au dépôt ; une surface infra-ordovicienne composite s'offre à la déflation.

La transgression marine de l'Ordovicien commence à l'*Arenig* avec le dépôt très lessivé du Grès armoricain. L'origine de cette transgression est orientale, mais son point de départ inconnu puisqu'une discontinuité (conglomérat quartzeux) marque toujours sa base, soit à l'Est (domaine de la *Normannia*), soit à l'Ouest à la surface de la pénélaine cadomienne (*Mancellia*). La succession lithostratigraphique de l'Ordovicien ne dépend plus guère des conditions locales : elle est identique sur toute la feuille et même, à des nuances près quant à des limites chronostratigraphiques, comparable par exemple à celle du Cotentin. On note seulement, dans l'énumération suivante, un accroissement des puissances en direction orientale : Grès armoricain (160 à 350 m), Schistes llanvirniens du Pissot (170 à 200 m), Grès de May (150 à 300 m), Schistes caradociens du Pont-de-Caen (100 m?).

La charnière de l'Ordovicien et du Silurien est marquée, à l'*Ashgillien*, par un dépôt de glaces flottantes (Tillite de Feugueroles), seulement présent dans le domaine mancellien (synclinal de Domfront). Cette formation climatique implique l'émersion (taconique ?) d'une province distributrice composée de Paléozoïque, que certains critères incitent à situer à l'Est (cf. le rôle traceur des Calcaires des Vaux, Alençon à 1/50 000). La formation marine du Grès culminant (Ashgillo-Llandovery) est limitée également, et pour la même raison, au domaine mancellien. La sédimentation ampélitique (Wenlock à Post-Ludlow) s'est ensuite probablement étendue sur toute la région, mais, dans le cadre de cette carte, elle ne figure plus, par suite de l'érosion post-hercynienne, que dans la partie occidentale. Cette même limite d'érosion réduit encore le *Dévonien inférieur* marin (Grès à *Platyorthis monnieri*) au seul synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois (le Hamel, Nord-Est de la Butte-Chaumont). Par contre, l'absence de dépôt paléozoïque ultérieur implique, comme dans le reste de la Normandie et du Maine, une importante *régression méso-dévonienne* (phase épirogénique érienne).

Aucun élément ne permet de dater les déformations hercyniennes (plis et fracturation) dans le cadre de cette feuille, de même qu'il ne reste aucun dépôt de la période de continentalisation où s'élabore, d'ailleurs imparfaitement, la *pénéplaine hercynienne*.

A la surface de la pénélaine hercynienne, des placages, difficiles à dater à l'intérieur de l'éventail Aalénien—Bathonien supérieur, témoignent de la grande extension de la *transgression du Jurassique moyen* ; celle-ci s'est insinuée depuis l'Est entre les *monadnocks* de Livaie—Butte-Chaumont et le massif de Multonne et a atteint la bordure ouest de la carte. Les dépôts comprennent des calcaires lithographiques (angle sud-est de la feuille), des conglomérats à gros galets de grès ordoviciens (la Paquerie), des calcaires meulièrement au Sud-Est de la Butte-Chaumont (Montrayé) et au Sud de la Motte-Fouquet.

Du Jurassique supérieur au Crétacé moyen, un soulèvement épirogénique général n'autorise aucun dépôt. Une *deuxième période de continentalisation s'installe* : démantèlement des assises peu épaisses du Jurassique, désilicification des barres gréseuses paléozoïques avec migration latérale de la silice qui se substitue aux carbonates du Dogger (J. Verague, 1974).

Au *Cénomaniens inférieur*, le Sud-Est du domaine de la carte est à nouveau envahi. Des sables grossiers ou moyens qui doivent être rattachés aux Sables du Maine reposent directement sur la granodiorite de Saint-Pierre-des-Nids. Ce faciès deltaïque s'étend vers le Nord-Ouest jusqu'au témoin de Ciral.

Avec la régression sénonienne, commence une *troisième période de continentalisation* : les désilicifications et autres altérations se poursuivent sur les éperons paléozoïques ; les sables crétacés sont eux-mêmes silicifiés et ferruginisés (*roussards*). Entre Magny-le-Désert et Ciral, la *surface des Grès à sables* subsiste avec un réseau hydrographique composé de sables, conglomérats et brèches, attribué avec incertitude à l'Éocène.

Il faut noter, à ce moment de l'histoire géodynamique régionale, que les trois dernières surfaces examinées [infradogger (post-hercynienne), infra-cénomaniens, prépliocène] montrent une bonne continuité clinométrique, matérialisée par le placage de Ciral. Ceci suppose une certaine stabilité des confins normanno-mancelliens au cours de cette longue période.

Avec le rejeu (fini-miocène ?) de la fracturation hercynienne commence une nouvelle évolution. Le socle armoricain se soulève. Les niveaux de base s'établissent définitivement à 170 m dans la plaine de Sées, à 126 m dans la plaine d'Alençon, ce qui avantage l'hydrographie vers le bassin de la Loire. Le changement climatique du Pliocène, les épisodes glaciaires du Quaternaire modifient les paysages. Des altérites de toutes qualités sont déplacées sur les pentes des reliefs hercyniens relictuels : *head*, éboulis pierreux, colluvions. Les hauteurs d'Ecouves et de Multonne, face aux vents wurmiens du Nord-Ouest, constituent des surfaces de déflation dont les plus fines altérites alimentent le lœss de la plaine d'Alençon.

DESCRIPTION DES TERRAINS

TERRAINS SÉDIMENTAIRES (ET VOLCANIQUES INTERSTRATIFIÉS)

Briovérien supérieur

Le Briovérien (Protérozoïque supérieur) de la carte est essentiellement constitué par des alternances de schistes et grès (b3b) où s'intercale un niveau conglomératique (b3a). Ces faciès sont caractéristiques du Briovérien supérieur de cette partie du Massif armoricain.

b3a. Tillite de Couptrain. Ce gisement de *schistes à galets disséminés* affleure au Nord de Couptrain, en rive droite de la Mayenne, à proximité de la ferme l'Harrondeau (x = 405,75 ; y = 90,70), où il occupe le cœur d'une grande structure synclinale. Les galets de forme ovoïde, plus ou moins aplatis, présentent toujours un fort émoussé et se composent exclusivement de quartz (90 %) et de phtanite. Leur taille est très variable, mais excède rarement 10 cm ; la majorité des galets se place dans un éventail granulométrique allant de 2 à 5 centimètres. Tous ces éléments sont englobés dans une gangue grauwackeuse massive, cornéifiée par les granites cadomiers.

Aucune facture typiquement glaciaire n'est observable ici. Les stries de friction présentes sur certains galets sont d'origine tectonique : elles sont liées au déplacement de ceux-ci au cours de déformations cassantes post-dépôt, responsables du tronçonnement des éléments et fracturant la matrice.

D'autres gisements comparables de schistes à galets se rencontrent plus à l'Est, à Madré et au Housseau (Domfront à 1/50 000). Ces dépôts ont probablement la même signification que les formations tillitiques du Pays de Gaultier et Parennes où certains caractères sédimentaires s'accordent avec une origine glacio-marine.

b3b. Flysch. Les alternances schisto-gréseuses composent l'essentiel des terrains briovériens de la feuille la Ferté-Macé. Trois faciès lithologiques principaux, présentant une granulométrie allant des arénites aux lutites, sont à retenir : les grauwackes, les *siltstones* finement straticulés et les schistes ardoisiers.

Les *grauwackes* sont formées de grains anguleux de quartz, de feldspaths potassiques et plagioclasiques, de fragments de roches et de micas, le tout enrobé dans une matrice quartzo-phylliteuse. Les grains lithiques qu'elles renferment se composent de roches sédimentaires (microquartzites, phtanites, schistes et grès) et volcaniques (rhyolites dévitrifiées et trachytes).

Les *siltstones straticulés* montrent une alternance millimétrique de passées gréseuses claires et de passées silteuses sombres. A l'affleurement, ils se caractérisent fréquemment par une patine d'altération de couleur rouille.

Les *schistes ardoisiers* sont constitués par des argilites grises à grain fin, affectées par une intense schistosité. Les analyses diffractométriques révèlent la présence d'illite, de chlorite et d'albite de néoformation.

Ces faciès s'organisent en alternances rythmiques de séquences gréso-lutitiques de type flysch, groupées en faisceaux de couches d'épaisseur variable, centimétrique à métrique. Un granoclassement vertical des particules s'observe souvent dans les niveaux gréseux. Diverses figures sédimentaires sont également visibles à l'intérieur des bancs (stratifications obliques, pseudo-nodules, lits convolutés) ou à leur semelle (*load-cast*, *flute-cast*).

En ce qui concerne le *Briovérien du secteur sud-ouest de la feuille*, les meilleurs affleurements montrant ces successions lithologiques se situent dans la vallée de l'Aisne :

- au Sud, les *siltstones* straticulés gris-bleu se développent en rive droite et en rive gauche au niveau de la Guichetière où ils alternent avec des bancs grauwackeux métriques ;

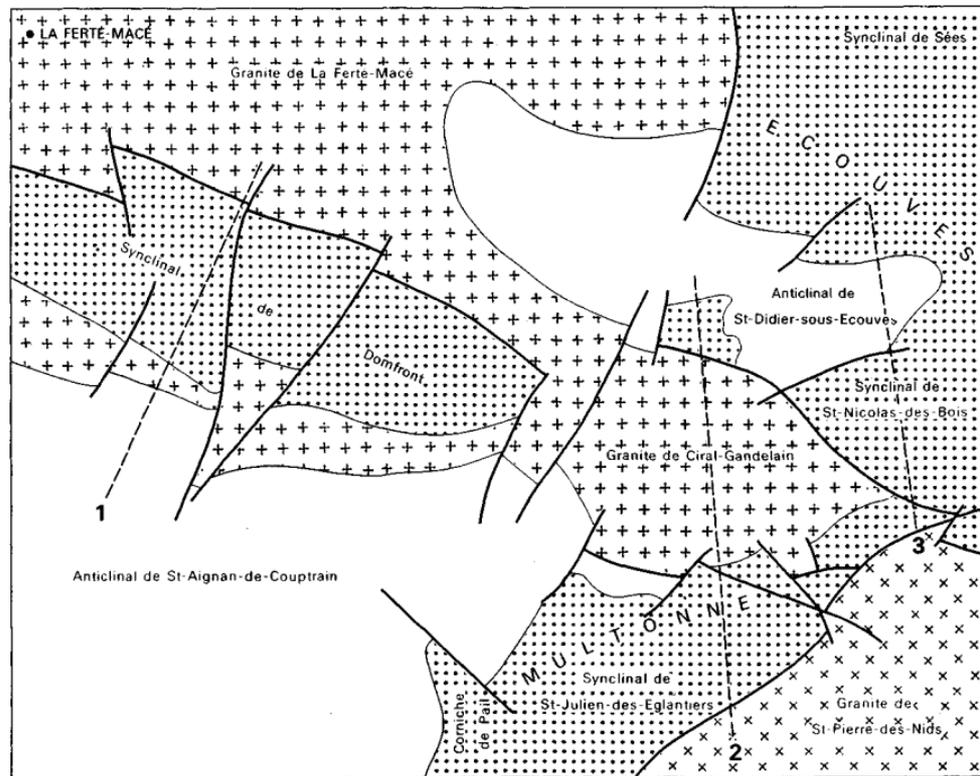


Fig. 1 – Les grandes unités paléozoïques et cadomiennes de la feuille la Ferté-Macé

1 à 3 coupes séries

Paléozoïque

Briovérien

0 3 km

- plus au Nord, au niveau des Chapelles, une ancienne carrière est ouverte rive gauche de l'Aisne dans des argilites grises feuilletées orientées N 120°E, pendage : 30°N et débitées par une schistosité de fracture N 110°E, pendage : 60°N. Sur la rive droite, les alternances schisto-gréseuses renferment de belles stratifications obliques (Ouest de la Gendrie) et des pseudo-nodules (Nord de la Ravenière) ;

- une autre carrière, située au Sud du château de la Motte permet d'observer des schistes ardoisiers qu'accompagnent quelques niveaux gréseux. Les faciès fins renferment des nodules pyriteux allongés dans la schistosité ;

- des *siltstones* et des schistes gris-bleu sont également bien exposés dans les anciennes ardoisières de la Vannerie (Sud-Ouest de Neuilly-le-Vendin) à la confluence de l'Aisne et de la Mayenne. Plus à l'Ouest, des grès grauwaekaux renferment des passées microconglomératiques à éléments de quartz et de phanites.

Le Briovérien de la région de Saint-Martin-des-Landes—Saint-Didier-sous-Ecouves présente les mêmes caractéristiques. Il s'agit d'un flysch à dominante schisteuse. Les alternances de *siltstones* straticulés à pseudo-nodules gréseux, de grauwaekes grano-classées et de schistes ardoisiers affleurent sur la rive droite du ruisseau de la Plesse (Sud de Saint-Didier-sous-Ecouves) ; les ardoises ont été anciennement exploitées au Sud de Roupperroux (le Boulay : x = 422,10 ; y = 95,80).

Position stratigraphique. L'analyse des déformations cadomiennes affectant ce Précambrien et la présence au sein du faciès flysch d'un niveau tillitique autorisent à envisager pour tous ces terrains un âge *briovérien supérieur*. Ceci infirme donc la cartographie ancienne de M.-J. Graindor (Alençon à 1/80 000) qui différencie dans le secteur de Saint-Aignan-de-Couptrain un Briovérien moyen d'un Briovérien supérieur. Cette distinction, basée sur la présence de faciès ardoisiers analogues à ceux de la région de Saint-Lô (Manche), ne peut plus être retenue ; l'étroite dépendance stratigraphique et structurale des différents faciès briovériens de cette carte est aujourd'hui incontestable.

Primaire

Cambrien

Faute de fossiles, tous les sédiments et volcanites situés entre la pénéplaine cadomienne et la surface infra-arenigienne (Grès armoricain) sont rapportés à ce système. L'existence de calcaires du Cambrien inférieur sur le territoire de la feuille voisine Alençon à 1/50 000 (Radon, la Cuselière) suggère la possibilité d'un âge identique pour le cycle sédimentaire infra-volcanique (k₁). Ce Cambrien *sensu lato* peut comporter au sommet (k₂) le Trémadocien. Par rapport aux régions limitrophes (Coëvrons, Zone bocaine) la sédimentation est essentiellement arénacée et l'épaisseur faible.

k_{1a}. **Conglomérat du Cruchet.** Épais de 35 m au maximum, ces conglomérats violacés (*Poudingues pourprés* des auteurs anciens) reposent en discordance sur le socle cadomien. Ils constituent une suite de collines boisées jalonnant la fermeture périclinale de Saint-Didier-sous-Ecouves, depuis Roupperroux au Nord aux environs de Longuenoë au Sud : les Forrières, les Vollées, Ouest de Brûlon, la Brousse, les Rochers, Landrée, le Cruchet, Pontpierre. Un témoin plus méridional existe à la Charpenterie dans la vallée du Sarthon.

Dans ces divers gisements, la répartition des galets (quartz mis à part) est la suivante : grauwaekes briovériennes 75 à 95 %, cornéennes 5 à 25 %. Les galets, bien usés, sont médiocrement classés ; la médiane des longueurs varie entre 42 et 52 mm. Les caractères morphométrique (fort indice d'éroulé) et morphoscopique (présence de galets *impressionnés* ou montrant des marques de chocs) suggèrent l'intervention d'un stade de façonnement torrentiel.

k_{1b}. **Arkoses.** Les conglomérats passent latéralement ou sont surmontés par des arkoses et des grès à tourmaline d'une puissance n'excédant pas 100 mètres. Les meilleurs affleurements se situent en Ecouves dans d'anciennes carrières au Nord-Ouest et au Nord-Est de la Raterie. Dans le petit massif de Saint-Ellier-les-Bois, les arkoses sont directement transgressives sur les schistes briovériens, tandis qu'au Sud de la Roche-Mabile, les arénites reposent sur la granodiorite de Ciral—Gandelain.

Les arkoses sont des roches mal calibrées, à grain moyen, à feldspaths illitisés et biotites chloritisées. Les grès à tourmaline possèdent la même composition, mais la proportion des constituants varie ; le lessivage est plus accusé, le nourrissage secondaire des quartz plus développé. L'inventaire des minéraux lourds met en évidence la forte proportion des tourmalines (50 à 95 %) à pléochroïsme bleu-vert à brun, tirant leur source des faciès de bordure des granodiorites cadomiennes.

k_{1c}. **Schistes violacés.** Les interlits d'argilites violacées rencontrés au toit des grès à tourmaline annoncent la formation des schistes violacés, qui, au Nord du bois de Goult (cluse de la Bellière, feuille à 1/50 000 Argentan), atteint une épaisseur de 150 mètres. Sur le territoire de la feuille la Ferté-Macé, ces schistes s'observent au Nord-Ouest du Blanc-Perret, au Sud des Erables, au Sud-Est de Chahains (la Mare, cote 347) et à Ville-Neuve (bordure occidentale du massif d'Ecouves).

Les argilites et *siltstones* violacés sont entrecoupés de minces bancs de grès saumon parcourus de rides de courant. Dans le massif de Saint-Ellier (Nord de la Bouillière), des horizons de tuffites de cendres se rencontrent au sein des argilites, preuves du déclenchement des manifestations volcaniques cambriennes dès ce niveau.

k^{K1}. **Complexe volcanique quartzo-kératophyrique d'Ecouves—Multonne.** Désigné également sous le nom de *Rhyolite d'Ecouves* ou *Porphyre du Bouillon*, ce complexe, généralement interstratifié dans les sédiments cambriens, affleure largement dans la partie orientale de la carte (massifs d'Ecouves, de Saint-Ellier-les-Bois, de Multonne). Il appartient à la province volcanique du Maine (d'Ecouves en Charnie) qui s'allonge du Nord-Est au Sud-Ouest sur environ 150 km, au bord sud-est de la *Mancellia*. Sur le territoire de la carte, les volcanites encadrées de formations arénacées résistantes constituent plutôt des dépressions couvertes d'altérites à illite—kaolinite—montmorillonite. Les produits volcaniques sont diversifiés : laves, ignimbrites et projections associées interfèrent dans l'espace et dans le temps et leurs caractéristiques suggèrent des éruptions à l'air libre et des dépôts à sec ou en milieu aqueux très peu profond. Le chimisme de toutes ces roches est acide, *rhyolitique* à *dacitique* (analyses chimiques en annexe) et la minéralogie de base comprend trois types de phénocristaux : feldspaths (plagioclases et/ou alcalins), quartz (parfois absent) et biotite.

Laves. Elles se présentent sous forme d'émissions ponctuelles comme à la Boulaie (x = 416,40 ; y = 88,20) en Multonne, dans la partie ouest de la carrière du Plessis en Ecouves, ou linéaires comme entre Livaie et Fontenai-les-Louvets :

l. *Lave de la Boulaie* : roche claire, massive, porphyrique (feldspath et quartz), pétrie de nombreuses mouchetures grenues et micacées (enclaves de granite) ;

l. *Lave de Roupperroux* intrusive dans les ignimbrites flammées : rhyolite à pâte verdâtre, porphyrique (quartz automorphes cernés d'une pellicule vitreuse cryptocristalline ; feldspaths alcalins et plagioclases illitisés, parfois chargés de granules d'épidote ; biotites chloritisées) ; mésostase dévitrifiée granophyrique ; chimisme acide et alcalin ($K_2O + Na_2O = 7\%$).

br₁. *Brèches d'intrusion*, extrusives ou *brèches violacées* de Livaie : le dernier terme désigne sur le terrain une masse bréchique violacée, massive, à ciment lavique. Elle affleure en rive nord des étangs de Livaie selon une direction SW—NE, depuis le Moulin de Bas jusqu'au Nord-Est de la Guiltière (feuille Alençon à 1/50 000). Le faciès le plus couramment rencontré est celui d'une lave violacée à phénocristaux de feldspaths embarquant des fragments (0,5 à 2 cm). En lame mince, les lattes de plagioclase du

ciment montrent une orientation plus ou moins nette, compte tenu de l'immixtion des fragments étrangers. Ces derniers renferment un enchevêtrement de microlites feldspathiques et offrent des contours très déchiquetés. La minéralogie est la suivante : quartz, albite (0 à 5 % An ; basse température), paragonite, chlorite. L'analyse chimique (AC 3) confirme le caractère acide et sodique de la lave, sa pauvreté en K_2O allant de pair avec l'absence de feldspath potassique. Cette roche est issue de la bréchification d'un bouchon de lave consolidé par l'intrusion d'un second corps lavique. Ces brèches sont recouvertes par un dépôt de cendres à pisolithes. Elles ont donc fait éruption à l'air libre.

Roches ignimbritiques. Elles recouvrent les 9/10 de la région volcanisée d'Ecouves en Multonne et si le processus de formation reste fondamentalement le même, les faciès n'en sont pas moins très diversifiés :

i. Ignimbrites (sensu-stricto) : c'est le faciès le plus répandu en Ecouves et dans le massif satellite de Saint-Ellier-les-Bois. De beaux exemples sont visibles à la carrière de Rouperroux, en amont du Moulin de Bas et dans les escarpements du ruisseau des Belles Fontaines (Ecouves), sur les talus de la route au Nord de la Haute-Haie dans le massif de Saint-Ellier. En Multonne, ce type de roche ignimbritique est localisé. De beaux affleurements sont visibles en lisière nord du bois de Burus.

Ces roches massives, claires ou sombres, porphyriques, renferment une proportion variable d'enclaves de quelques millimètres de diamètre. Les faciès les plus remarquables sont identifiables par la présence de loupes allongées et flexueuses de toutes dimensions, dont l'orientation est sensible à l'échelle de l'échantillon : ce sont les *flammes*. Les phénocristaux offrent une facture pyroclastique et se répartissent sans préférence entre les flammes et la mésostase. Au microscope, les flammes sont des fragments plus ou moins étirés de verre ponceux ; la mésostase est matérialisée par une multitude d'échardes de ponce ou vitroclastes résultant de l'éclatement des bulles de ponce. Fréquemment, ces échardes ont été tassées et soudées à chaud après l'immobilisation du dépôt ; le ciment qui en résulte présente une texture pseudo-fluidale.

L'analyse radiocristallographique des ignimbrites révèle : quartz, feldspath sodi-potassique perthitique (orthose ou microcline), plagioclase de la série albite—oligoclase à structure de basse température, illite plus ou moins paragonitique, chlorite.

Les analyses chimiques (AC 1 et 2, 5 à 8) soulignent que les ignimbrites sont des roches siliceuses à hypersiliceuses (SiO_2 moyen : 74 %), sodi-potassiques (en général plus potassiques que sodiques), pauvres en calcium, fer total et magnésium.

pc. La nappe de ponces affleure en Ecouves, dans les arrachements broussailleux de la rive nord de l'étang de Livaie jusqu'à l'orée de la forêt d'Ecouves au Sud. Ce sont des roches massives, roses ou violacées, aphyriques et bréchiques (pas de flammes). Le microscope révèle un amalgame de fragments de ponce de toute taille dans une matrice ponceuse microfragmentaire. Aux RX, l'assemblage quartz, microcline, illite paragonitique, chlorite est décelé. Ces roches ponceuses sont hypersiliceuses et potassiques, pauvres en Na_2O , en fer total, MgO et CaO (AC 4).

tf. Tufs et brèches à texture vitroclastique. Ce type de roche n'affleure que dans le massif de Multonne où, comme il a été dit, il repose directement sur la pénélaine cadomienne, sur une superficie de $7 km^2$. Les faciès sont monotones : brèches très hétérogènes d'aspect feuilleté, jamais litées ni triées (fragments de 0,2 à 2 cm en moyenne), pétries de nombreuses loupes esquilleuses noires, grossièrement orientées. En lame mince, ces esquilles ont parfois conservé leur fragile texture de ponce. La matrice renferme des échardes de ponce et des cristaux à facture pyroclastique. Fragments et échardes ont une répartition homogène et leur conservation en si grand nombre exclut un remaniement en masse par coulée de boue et implique plutôt un transport par fluidisation gazeuse.

Dépôts volcanoclastiques. La cartographie des dépôts volcanoclastiques revêt une grande importance car elle permet de structurer les complexes ignimbritiques associés ; mais, compte tenu de leur trop faible extension, de nombreux horizons n'ont pu être figurés à l'échelle de 1/50 000. Citons pour mémoire des tuffites et tufs de lapillis (butte de la Guéferie en Ecouves) et des tuffites de cristaux (le Jardin, près de Saint-Ellier) au sommet de la formation des Schistes violacés (k_{1c}), des cinérites à *pisolithes volcaniques* (la Lande et Livaie en Ecouves) à l'intérieur de la couverture ignimbritique.

br2. Brèches lahariques. Celles-ci par contre affleurent largement sur les pentes d'une vallée encaissée au Tapis-Vert en Multonne. Elles sont grossières, hétérogènes et chaotiques ; elles diffèrent des brèches ignimbritiques par la rareté des fragments de ponce et l'absence d'échardes dans la matrice ; le fond est parsemé de phyllites. Elles représentent un faciès de remaniement en masse des brèches ignimbritiques par coulée de boue.

k2. Grès feldspathiques et conglomérat de base (k_2^1). Les formations sédimentaires supra-volcaniques débutent localement par quelques mètres de conglomérats. Les trois stations repérées (Nord de Bousance, rive septentrionale de l'étang de Livaie, rive gauche du ruisseau d'Ecublely au Sud-Est de la Lande) se localisent toutes sur le pourtour de l'anticlinal de Saint-Didier-sous-Ecouves.

La composition des galets est différente de celle du Poudingue du Cruchet : volcanites acides 13 à 33 %, grauwackes briovériennes 41 à 59 %, cornéennes 1 à 8 %, grès cambriens 20 à 24 %. Les éléments en sont moins usés et parfois, aux galets, se mêlent de gros blocs mal équarris de volcanites (la Lande). Ces conglomérats témoignent donc de l'installation d'une phase d'érosion et d'un réseau hydrographique, contemporaine de l'activité volcanique régionale.

Les grès feldspathiques recouvrent les volcanites acides ou les schistes violacés en l'absence de matériaux volcanogènes (Ouest du bois de Goult). Ils affleurent sporadiquement dans l'anticlinal d'Ecouves et sur le rebord méridional du complexe volcanique de Multonne, depuis le bois du Souprat jusqu'aux abords de Saint-Denis-sur-Sarthon.

Le contact avec les volcanites s'effectue par l'intermédiaire d'une mince semelle de grès tuffacés (2 à 5 m), mal classés, à feldspaths et fragments pyroclastiques variés. Les grès feldspathiques évoluent ensuite vers des grès-quartzites (50 à 70 m), aux quartz bien usés et mieux calibrés ; les feldspaths sont rares : le grain moyen est de 480 μm .

Ordovicien

Plus de 700 m d'une alternance de grès lessivés et d'argilites noires dont la succession rappelle celle de la Normandie septentrionale.

02. Arenigien. Grès armoricain. Ces grès arment les crêtes boisées du paysage qui culminent à 416 m au mont des Avaloirs dans le massif de Multonne. A l'Ouest de la carte (synclinal de Domfront, bordure occidentale du synclinal de Saint-Julien-des-Eglantiers), ces grès sont directement transgressifs sur le socle précambrien.

Leur puissance croît d'Ouest en Est : 120 m à Domfront contre 160 m en forêt de Monnaie (synclinal de Domfront), 350 m en Ecouves, 300 m environ dans la corniche de Pail. Ces quartzites blancs, massifs, débutent par un conglomérat à dragées de quartz, généralement mince mais atteignant 20 à 30 m en forêt de Monnaie (02^1). Au sommet, apparaissent des niveaux schisteux et psammitiques. Partout le cortège de minéraux lourds du Grès armoricain se compose classiquement de zircon, rutile (plus de 20 %), tourmaline ; des zones à concentration (placers) de rutile et zircon ont été repérées dans le tiers supérieur de la formation (B.R.G.M.).

Cette formation n'est guère fossilifère, mais les couches du sommet ont livré des fragments de Lingules (carrière au Sud de Livaie, le long de la D 2), ainsi que des restes indéterminables de Trilobites (Est de Montarbours). Par analogie avec d'autres gisements fossilifères situés à la même altitude (synclinal des Coëvrons), un âge arenigien

supérieur est proposé pour cette formation. Les grès sont fréquemment percés de terriers (scolithes, *Vexillum*) et, à la surface de bancs, s'impriment des pistes (*Cruziana*) ou traces de repos (*Rusophycus*) de Trilobites. Les carrières de Bel-Air (bois du Souprat) et de Montarbours (point côté 306) offrent de beaux exemples de cet ichnofaciès. En plus des endroits déjà mentionnés, les meilleures observations du Grès armoricain se feront au flanc sud du synclinal de Domfront (gorges de Villiers, carrières des Courteilles et de la Bictérie), au flanc nord (roches d'Orgères), à la Butte-Chaumont et dans les nombreuses carrières installées au pied de la corniche de Pail.

03-4. **Llanvirnien—Landeilien. Schistes du Pissot.** Ces schistes anciennement nommés *Schistes à Calymènes* ont une puissance de 170 m dans le synclinal de Domfront et de près de 200 m en Ecouves. Ils se composent d'argilites noires micacées admettant de minces lits gréseux bioturbés. Le cortège des minéraux argileux est à illite et chlorite. Des horizons de minerai de fer oolithique, situés à divers niveaux de la formation, ont été reconnus dans la concession de l'Ermitage (synclinal de Domfront) et près de la Lande-de-Goult. Ces minerais d'oligiste, de chlorite et de sidérite n'ont fait l'objet d'aucune exploitation.

La faune est rare sur cette feuille. A l'extrémité orientale du synclinal de Domfront, le gisement de la Fouchardière ($x = 411,30$; $y = 95,10$) a fourni des Trilobites : *Eccoptochiloides* sp., *Uralichas heberti*, *Ectillaenus* sp., *Neseuretus* sp. Au Nord de la Lande-de-Goult (Ecouves), au lieu-dit la Forêt, une faunule d'Ostracodes (*Ctenobolbina hispanica*, *Aparchites* sp.) indique un âge Llanvirnien. Mais la formation, telle qu'elle est définie dans la localité-type du Pissot (feuille Domfront à 1/50 000), contient deux gisements fossilifères principaux fixant la base à la limite Arenig—Llanvirn et le toit au Llandeilo inférieur.

04-5. **Llandeilien—Caradocien. Grès de May.** Les grès de May développent une alternance décimétrique de grès-quartzites blancs à rosés, de grès micacés et d'argilites sombres sur une épaisseur de 150 m (synclinal de Domfront) à 300 m (forêt d'Ecouves). Ces faciès s'observent dans le flanc sud du synclinal de Domfront (Nord de la Vallée-de-la-Cour, cluse de la Gourbe au Nord-Est de la chapelle Saint-Antoine, Sud de l'étang de la Vie) ainsi que dans l'anticlinal d'Ecouves (le Tertre, les Bruyères).

Une faune, rare, est signalée à Domfront (*Eohomalonotus*, *Dalmanitidae*) ; elle s'accompagne d'une microfaune de Chitinozoaires indiquant un âge Llandeilien moyen.

05. **Caradocien. Schistes du Pont-de-Caen.** Le passage des Grès de May aux Schistes du Pont-de-Caen (anciennement *Schistes supérieurs* ou *Schistes à Trinucleus*) s'effectue progressivement par l'envahissement d'argilites sombres dans le faciès gréseux. Ces argilites à grain fin, peu fissiles, à intercalations de petits bancs gréso-micacés, renferment une fraction argileuse d'illite dominante (2/3) et de chlorite (1/3). La bonne cristallinité de l'illite souligne la forte empreinte diagénétique du cortège phylliteux.

Cette formation, épaisse d'une centaine de mètres, contient régionalement plusieurs gisements fossilifères dont l'un, au Nord de Domfront (le Pont-de-Caen), justifie son appellation. Sur la carte la Ferté-Macé, deux gisements méritent mention :

- dans le synclinal de Domfront à Saint-Patrice-du-Désert ($x = 404,50$; $y = 97,55$) où ont été recueillis des Ostracodes (*Ceratopsis* aff. *hastata*, *Bollia henningsmoeni*, *Primitiella*) ;

- dans le synclinal de Sées, au Champ-Germain ($x = 427,25$; $y = 100,25$), où, en plus des Ostracodes précités, figurent des Trilobites (*Plaesiacomia* et *Kloucekia ? dujardin*), des Graptolithes (Diplograptidés) et des Chitinozoaires.

Cette association date du Caradocien inférieur.

06. **Ashgillien. Tillite de Feuguerolles.** La formation, épaisse de 15 à 20 m, est constituée de pélites gréseuses, sans stratification apparente, de teinte noire en profondeur, brune à l'affleurement en raison de la grande altérabilité. De nombreux graviers

et vacuoles permettent une identification aisée de cette roche. Les éléments remaniés sont exclusivement paléozoïques. La gangue est abondante, à grain très fin (médiane de l'ordre de 10 μm) ; son indice de dispersion traduit un classement médiocre des constituants (F. Doré et J. Le Gall).

Cette tillite, ou plus exactement cette *para-tillite*, est une vase marine, alimentée en éléments polygéniques par la fonte de glaces flottantes. Parmi les éléments, dominent les fragments calcaires, souvent dissous, dont l'âge est rapporté à l'Ashgillien par la faune de Conodontes (zone à *Amorphognathus ordovicicus*). Les dépôts glacio-marins, postérieurs à cette zone, sont eux-mêmes ashgilliens par suite de la récente datation de la formation qui les surmonte (Grès culminant).

La Tillite de Feugueroles n'existe que dans le synclinal de Domfront, dans la région de Saint-Patrice-du-Désert : cimetièrre de cette localité, ferme de la Brousse ($x = 405,40$; $y = 97,54$), la Perdrrière ($x = 404,15$; $y = 97,45$), les Ecrignolles ($x = 404,75$; $y = 98,75$).

L'extension de ces dépôts glacio-marins vers le Sud a été reconnue, hors du périmètre de cette feuille, dans le synclinal de Villaines-la-Juhel (Crennes). Ils manquent cependant à l'Est, où leur présence signalée dans le synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois (Bazan) est le fait d'une erreur.

Silurien

06.S1. **Ashgillien—Llandovery. Grès culminant.** Puissants de 70 à 80 m à Domfront, ces grès s'amincissent vers l'Est où ils disparaissent dans le synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois. Ce sont des grès fins, bien calibrés, de teinte sombre mais à patine blanche. La pyrite assez fréquente est oxydée en surface. Sans faune connue dans le cadre de cette feuille, ils contiennent à Domfront des Graptolithes de la limite Ashgill—Llandovery (*Climacograptus normalis* et *Orthograptus truncatus abbreviatus*). Les meilleurs affleurements se situent autour de Saint-Patrice-du-Désert : sortie est du bourg, Lauche, la Bourdinière, la Métairie.

S2-3. **Wenlockien—Ludlowien. Ampélites.** La série ampélique n'est représentée que dans les extrémités occidentales du synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois et septentrionale du synclinal de Saint-Julien-des-Eglantiers. La formation se compose d'ampélites noires, altérées superficiellement en argiles bariolées, et de schistes fins à minces niveaux de quartzites noirs. Des argilites sombres à patine rougeâtre, renfermant des micas détritiques mordorés, surmontent les faciès précédents dans le synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois (Bazan). L'ensemble de ces dépôts fins contient un cortège de trois minéraux argileux : illite, chlorite et pyrophyllite. Ce dernier minéral est symptomatique de la sédimentation siluro-dévonienne régionale.

En raison de la profonde altération des ampélites ou roches associées, il est difficile de préciser leur âge à l'intérieur du groupe d'étages Wenlockien—Ludlowien. Des Graptolithes wenlockiens ont été reconnus dans le synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois, à la Saussaye (feuille Alençon à 1/50 000). Des observations remontant à un siècle (M. Letellier, de Tromelin) citent une faune intéressante, trouvée lors du creusement du pont du Gué des Basses-Laiès (cote 225, Nord de la Butte-Chaumont) : avec des Ostracodes (*Bolbozoe*), des Orthocères, des Lamellibranches (*Avicula*, *Mytilus*), et surtout *Scyphocrinites elegans*. Si la présence de ce dernier Crinoïde était confirmée, cela suggérerait un âge post-ludlowien ($e\beta 2$ ou Budnanién supérieur^(*)) pour une partie des ampélites. Dans ces conditions les schistes de Bazan de ce même synclinal pourrait appartenir au Gedinnien.

(*) Référence à la stratigraphie du Silurien de Bohême, car le Silurien supérieur britannique de même altitude ne contient plus de Graptolithes.

Dévonien

d₁. **Gedinnien (?)**. Grès à *Platyorthis monnieri*. Le seul témoin de cette formation (dit *du Hamel*) occupe l'axe du synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois au Nord-Est de la Butte-Chaumont. Ces grès sont fins, bien classés, feldspathiques, de teinte sombre à patine rousse ; ils admettent des passées d'argilites sombres micacées. Le meilleur affleurement est situé en bordure de la D 2 ($x = 426,50$; $y = 90,10$), où se rencontrent des fossiles à l'état de moules, concentrés sur certains horizons (thanatocoenose) : *Pleurodictyum constantinopolitanum*, *Stropheodonta explanata*, *Leptaena thisbe*, *Parahomalonotus*, *Acaste*, entroques et plaques de Cystidés. Cette faune, antérieurement attribuée au Siegenien inférieur, a tendance à être vieillie actuellement en fonction d'informations complémentaires issues de la succession de Saint-Cénére (Mayenne).

Secondaire

Dogger

RI-j. **Limite Aalénien—Bajocien. Calcaires meuliérisés.** Cette formation résiduelle est examinée ici en raison de son intérêt paléogéographique (*cf.* histoire géologique). Les témoins semblent alignés sur l'axe granitique la Ferté-Macé—Saint-Denis-sur-Sarthon.

Au Sud-Est de la Butte-Chaumont, les lambeaux de Montrayé et du Piserot comprennent des meulières finement vacuolaires. Au Nord-Ouest de la feuille, deux témoins ont été représentés sur la carte au Sud de la Motte-Fouquet (carrefours D 202 — D 151 et D 202 bis — D 151), mais des blocs épars de silex ou de meulières s'étendent en réalité sur plus de 1 km. Certains montrent encore une structure oolithique, contiennent Bryozoaires, entroques et spicules de Spongiaires. L'âge du substrat carbonaté initial est discuté (A. Bigot, H. Lemaître, J. Vérague) ; il peut s'étendre de la limite Aalénien—Bajocien au Bathonien. La silicification a commencé en partie avant le Crétacé, car de tels accidents siliceux sont remaniés dans des conglomérats cénomaniens de la région de Ciral.

j_{2b}. **Bathonien. Calcaires sublithographiques.** Des calcaires sublithographiques à pellets de l'angle sud-est du territoire de la feuille prolongent ceux qui sont attribués au Bathonien supérieur dans la plaine d'Alençon.

j_{2c}. **Bathonien. Poudingue de la Paquerie.** Cette formation affleure au sommet d'une carrière de Grès armoricain à 2 km au Sud-Est de Lignièrès ($x = 413,65$; $y = 94,80$). Elle est citée dans la littérature (C. Klein) à la Choletterie, localité qui ne figure plus sur la carte à 1/50 000. La plupart des galets dont l'éroussé et l'arrondi sont parfaits se composent de Grès armoricain. Leur taille est très variable, quelquefois volumineuse (250 dm³). Des dragées de quartz, avec de rares phanites, des sables « éroussés-luisants » de teinte ocre emballent le tout et pénètrent dans les irrégularités de la surface post-hercynienne. La sédimentologie de ce matériel évoque incontestablement le faciès d'écueil du *Poudingue de Chailloué* (feuille Sées à 1/50 000) dont l'attribution au Bathonien supérieur n'est qu'approximative.

Cénomaniens

C_{1-2a}. **Cénomaniens inférieur et moyen. Sables du Maine.** Le Cénomaniens repose directement sur le socle granitique dans le Sud-Est de la feuille (entre Champfrémont et Saint-Denis-sur-Sarthon) où il se signale immédiatement par des sables fauves, à blocs de cuirassement ferrique (*roussards* ou *salards*). Cette sédimentation arénacée constitue ce qui est appelé localement : Sables de la Ferrière-Bochard (localité-type, feuille Villaines-la-Juhel à 1/50 000). Leur épaisseur croît du Nord vers le Sud où elle atteint 8 m et où ces sables semblent se raccorder aux Sables du Maine (Cénomaniens inférieur et base du Cénomaniens moyen). Les argiles glauconieuses à minéral de fer (C₁) qui existent normalement à la base n'ont pas été mises en évidence dans l'angle

sud-est de cette carte^(*). Un témoin plus occidental a été représenté à l'Est de Ciral (cote 328), en raison de la présence de blocs bruns de *roussards* poudingiformes où sont remaniés des silex jurassiques. De la glauconie solifluée a été observée lors du curage du Gué Chartier, ruisseau situé à l'Est ; elle n'a pu être indiquée sur la carte.

L'origine essentiellement continentale de ces sables a été envisagée (J. Véraque), à partir de réseaux fluviaux issus de la désilicification de grès ordoviciens et de l'arénisation des granites ; l'auteur tire argument de l'abondance de grains anguleux de quartz, de l'importance des minéraux ubiquistes dans le cortège des minéraux lourds. Pris dans leur ensemble, ces sables se caractérisent pourtant par l'importance des minéraux de métamorphisme (disthène, staurotide), caractéristiques du Cénomaniens, et qui figurent pour moitié dans le cortège. Ce faciès deltaïque (chenaux, stratifications obliques) est mêlé d'influences marines (présence de glauconie) dont l'importance croît immédiatement au Sud.

Tertiaire

es. **Éocène. Sables, grès, poudingues.** Les témoins d'un réseau hydrographique ancien de la surface dite des Grès à sabals s'alignent, en traversant obliquement le territoire de la feuille, entre le Sud de la Ferté-Macé et la Butte-Chaumont. On y distingue des sables meubles ou consolidés, des poudingues, éventuellement des brèches.

Le placage le plus important recouvre au Nord la bordure du synclinal de Domfront, entre les Ecrignolles et Lignéres-Orgères. Des sables fins, graveleux au sommet, ont été traversés sur 10 à 14 m dans un sondage de la ferme de la Maréchallerie, à 700 m à l'Est de l'étang de la Vie. Au Sud, dans les captages du hameau de Saint-Ursin (x = 408,75 ; y = 94,65) leur épaisseur n'est que de 2 mètres. Dans la même région, des dalles plus ou moins solifluées de grès saccharoïdes ou quartzitiques, à surface lustrée, s'observent à la Gouyetterie (point remarquable indiqué) ; elles contiennent soit des passées de poudingue à quartz très roulés, soit des brèches à gros éléments de quartzite paléozoïque. Ces grès *ladères*, avec ou sans intercalation grossière, se rencontrent également au Champ-Cornu au Nord, au Nord-Ouest de l'étang de la Vie (la Picharderie), au Fieu à l'Est, au hameau des Ecrignolles (N.NW de Saint-Patrice-du-Désert). A l'Est de la forêt de Monnaie (x = 415,00 ; y = 92,85), la route entame des sables contenant au sommet des galets roulés de quartz et de quartzites. Un gisement se trouve quelque peu en marge de l'alignement signalé ci-dessus : au bois de Goult (massif d'Ecouves), autour du point coté 401 ; il est constitué de blocs de poudingues ou de brèches. Notons que le rodage différent du matériel pose le problème d'un remploi de la surface infra-dogger par la surface éocène (C. Klein).

La notation es utilisée pour regrouper ces faciès suggère un âge lutétien, par analogie avec les Grès à *Sabalites* de la région de Fyé (Fresnay-sur-Sarthe à 1/50 000) où ceux-ci sont fossilifères et encadrés par des calcaires lacustres. Dans le cadre de cette carte, seules quelques empreintes indéterminables de plantes ont été trouvées.

Formations superficielles et quaternaires

S. **Glacis pierreux de solifluxion.** Ces dépôts issus de la gélifraction wurmienne flanquent toutes les barres gréseuses paléozoïques (Grès armoricain). Ils se composent de blocs de grès enrobés dans une gangue argilo-sableuse jaune. Rappelons que seuls les amas les plus importants ont été représentés sur la carte (forêts d'Ecouves, de Monnaie, de Multonne) quand ils masquaient absolument le socle. Le *monadnok* de la Butte-Chaumont (Grès armoricain) est entouré d'un cône d'éboulis particulièrement spectaculaire, épais de 10 à 20 m ; au Nord-Ouest, l'absence de végétation sur ces *pierrés* traduit une instabilité encore actuelle.

(*) Les altérites du socle de la cote 173, au Nord-Est des Jarrias, ont été figurées par erreur, sur la présente carte, en sables cénomaniens.

CLP. Colluvions de versants. D'épaisses colluvions sablo-argileuses prolongent latéralement les éboulis pierreux.

LP. Limons des plateaux. La minceur des limons des plateaux dans les pays briovériens et granitiques ne justifie généralement pas leur cartographie. On a choisi de ne pas représenter les limons provenant de l'altération des schistes ordoviciens et siluriens (région de Saint-Patrice-du-Désert), afin de conserver l'expression structurale de la carte.

Fz. Alluvions récentes et actuelles. Des alluvions sableuses argileuses et tourbeuses occupent le fond des vallées. Le parcours rectiligne de certaines d'entre elles, ainsi que le parallélisme, suggèrent une origine tectonique propice à un remblaiement important.

ROCHES MÉTAMORPHIQUES

b₃γ⁴. Briovérien supérieur métamorphique. Sous cette notation sont regroupés les cornéennes et schistes tachetés composant la ceinture thermométamorphique des granites cadomiens γ⁴. La limite cartographique externe de ces auréoles indique l'apparition de phénoblastes inframillimétriques de cordiérite dans les schistes fins. Dans l'anticlinal de Saint-Aignan-de-Couptrain, les meilleurs affleurements de *cornéennes* se situent dans la vallée de la Mayenne, à Couptrain (carrière de cornéennes massives et rubanées) et au Nord de Saint-Calais-du-Désert (chemin de croix, au Nord-Est de la Mézière). Les *schistes tachetés* forment les pointements rocheux sur la rive droite de la Mayenne, à proximité de la Houdinière (Est de Saint-Calais-du-Désert). Dans la région de Carrouges, l'ancienne exploitation des Bruyères (x = 415,75 ; y = 100,05) permet d'observer le contact granite—cornéenne au sommet du front de taille.

Ces cornéennes quartzo-micacées possèdent une structure granoblastique due à une recristallisation en agrégats finement grenus de quartz, petites biotites, houppes de muscovite et quelques feldspaths. Au contact du granite, les grains de quartz deviennent polygonaux. Dans les faciès fins de l'auréole externe, se développent des amas micacés (taches) provenant de l'altération de porphyroblastes de cordiérite et probablement d'andalousite.

ROCHES PLUTONIQUES

γ⁴. Granodiorite cadomienne. Les granodiorites de la carte la Ferté-Macé appartiennent au vaste domaine granitique de la *Mancellia*, qui s'étend vers l'Ouest jusqu'à Avranches. Elles sont intrusives dans les sédiments briovériens où elles développent des auréoles thermométamorphiques. L'âge de ces batholites est fixé à 617 ± 12 M.A. en isochrone de roches totales^(*), la faible valeur du rapport 87 Sr/86Sr initial ($0,7025 \pm 0,0004$) révèle un matériel d'origine profonde. Des âges plus récents (340 — 390 M.A., méthode K/Ar) ont cependant été obtenus sur des minéraux (biotite, orthose) du massif de Saint-Pierre-des-Nids ; le rajeunissement paraissant imputable à l'intrusion hercynienne du granite d'Alençon.

Deux types de granodiorites figurent sur le territoire de la carte :

● **Granodiorite de la Ferté-Macé.** Ce massif constitue le soubassement du synclinal de Domfront ; il se prolonge à l'Est par les apophyses de Sainte-Marguerite-de-Carrouges et de Ciral—Gandelain. En bordure nord de carte (environs de Joué-du-Bois), le paysage

(*) $\lambda^{87}\text{Rb} = 1,42 \times 10^{-11}$ années⁻¹.

granitique est accidenté d'éminences boisées (*les rochers*) où pointe la granodiorite : borne 311 au Nord-Ouest de Joué-du-Bois, le rocher Thébert, la Ferrière ($x = 406,75$; $y = 101,90$). Les reliefs dépassent fréquemment 300 m, en particulier le long de la crête qui court du Nord de Lignéres-Orgères au Nord-Ouest de Joué-du-Bois et se poursuit structurellement par le cours supérieur de la Rouvre (feuille Argentan à 1/50 000). Plus au Sud, le plateau granitique de Ciral—Gandelain (niveaux 310—330) résulte de la confusion de plusieurs surfaces d'aplanissement (cf. histoire géologique) ; ce plateau est couvert d'altérites : sur une épaisseur de 10 m dans un ancien puits d'école à la Roche-Mabile, 5 m dans la région de Lalacelle ; à son rebord oriental, face à la fracture de la vallée du Sarthon, il présente une *knick* caractéristique.

Pétrographiquement, ces massifs sont formés d'une granodiorite à biotite, à grain moyen, de teinte gris bleuté, renfermant des îlots de cordiérites pinitisées ou pseudo-morphosées par un agrégat phylliteux. Les enclaves abondent localement : enclaves de cornéennes, enclaves microgrenues et surmicacées, ces dernières plus fréquentes. La composition modale moyenne (6 analyses) révèle 37 % de quartz, 18 % de feldspath alcalin (orthose perthitique), 23 % de plagioclase (oligoclase-andésine), 16 % de biotite, 4 % de cordiérite et 2 % de muscovite. Dans la classification de Streickensen, cette roche se place à la limite des granites et granodiorites, mais, compte tenu des analyses modales réalisées sur d'autres batholites mancelliens, ce dernier terme est retenu.

Le cortège de minéraux lourds se compose de : zircon, anatase, rutile, tourmaline, monazite, grenat, rares silicates de métamorphisme.

Une analyse chimique^(*) réalisée sur un échantillon provenant d'un affleurement situé à l'Ouest du Champ-de-la-Pierre (la Raitière ; Sud de la feuille Argentan à 1/50 000) donne : SiO_2 : 66,80 ; Al_2O_3 : 14,95 ; Fe_2O_3 total : 5,75 ; MgO : 1,86 ; CaO : 1,44 ; Na_2O : 2,70 ; K_2O : 3,64 ; TiO_2 : 0,69 ; MnO : 0,06 ; H_2O^+ : 1,32 ; H_2O^- : 0,16 ; total : 99,37.

● **Granodiorite à foliation cataclastique de Saint-Pierre-des-Nids.** Anciennement dénommé *Granite de la Poôté*, ce batholite occupe l'angle sud-est du territoire de la carte. La foliation cataclastique (rendue par une surcharge sur la carte) est toujours exprimée (tranchée de chemin de fer au Nord de Saint-Denis-sur-Sarthon, ancienne carrière à l'Est de Courtoux, sortie ouest de Champfrémont). Localement, le long de l'accident Boulay—la-Butte-Chaumont, la roche prend l'aspect d'une *mylonite* (Sud-Ouest de Boulay-les-Iffs, en limite sud de carte).

Les structures de cataclase sont particulièrement nettes au microscope : quartz à extinction roulante atteignant le seuil de rupture par microgranulation et isolement d'échardes, plagioclases tordus ou brisés resoudés par du quartz secondaire, orthoses perthitiques souvent éclatées en mortier, biotites chloritisées alignées dans les plans de foliation en compagnie de séricite et muscovite. Cette minéralogie ne s'écarte pas de celle des granodiorites cadomiennes, bien que certains faciès s'accompagnent, en outre, du développement de quartz sub-automorphe, de micropegmatites et de tourmaline. Ces faciès de bordure prennent un maximum d'ampleur dans la partie sud du batholite (Saint-Cénéri, feuille à 1/50 000 Villaines-la-Juhel).

ROCHES FILONIENNES

$\mu\gamma^3$. **Microgranite.** Un filon de microgranite calco-alcalin est injecté en sill dans le Briovérien au Nord-Ouest de Pré-en-Pail. Épais d'environ 10 m, ce filon est décalé par la faille qu'emprunte le cours de la Mayenne. La roche à pâte rose, parsemée de feldspaths blanchâtres millimétriques et de paillettes micacées, a été exploitée dans une petite carrière en rive droite de la Mayenne ($x = 411,85$; $y = 88,55$).

(*) Analyste J. Cotten (Brest). Analyse aimablement communiquée par M. Jonin, laboratoire de pétrologie (Brest).

Analyse microscopique :

- phénocristaux de plagioclases (oligoclase) maclés albite et albite-péricline, damouritisés ;
- biotites chloritisées, chargées de granules de sphène et d'épidote ;
- pâte microgrenue de quartz et de feldspaths, parmi lesquels domine l'orthose phyllitisée ;
- apatite aciculaire, minéraux opaques, calcite dans la pâte.

Q. Quartz. Le quartz filonien cicatrise les principales dislocations de la carte, mais il n'est que rarement représentable sur la carte. Il occupe l'accident N-S qui, à l'Est de Saint-Sauveur-de-Carrouges, met en contact le granite cadomien et le Paléozoïque du bois de Goult. Il est également commun dans les faciès cataclasés du granite de Saint-Pierre-des-Nids (Nord de Mélivier, la Clé-au-Pot). Enfin, des concentrations de blocs de quartz épars sont indiquées (Q) en l'absence d'affleurement des filons.

GÉOLOGIE STRUCTURALE

Grandes unités structurales

Cette région, véritable carrefour tectonique où se croisent les directions *armoricaine* et *varisque*, se modèle au cours des déformations plicatives et cassantes des cycles orogéniques cadomien et hercynien. Les grandes unités plissées de la carte sont représentées à l'Ouest par la terminaison orientale du synclinal de Domfront (Saint-Patrice-du-Désert—Monnaie) et l'anticlinal de Saint-Aignan-de-Couptrain. A l'Est, et du Nord au Sud, se succèdent :

- la bordure occidentale du synclinal de Sées (massif d'Ecouves),
- l'anticlinal de Saint-Didier-sous-Ecouves,
- le synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois,
- le synclinal de Saint-Julien-des-Eglantiers, qui prolonge vers le Nord la branche septentrionale du synclinorium de Pail.

Quatre accidents majeurs disloquent ce bâti et participent étroitement à sa structuration. Du Nord au Sud :

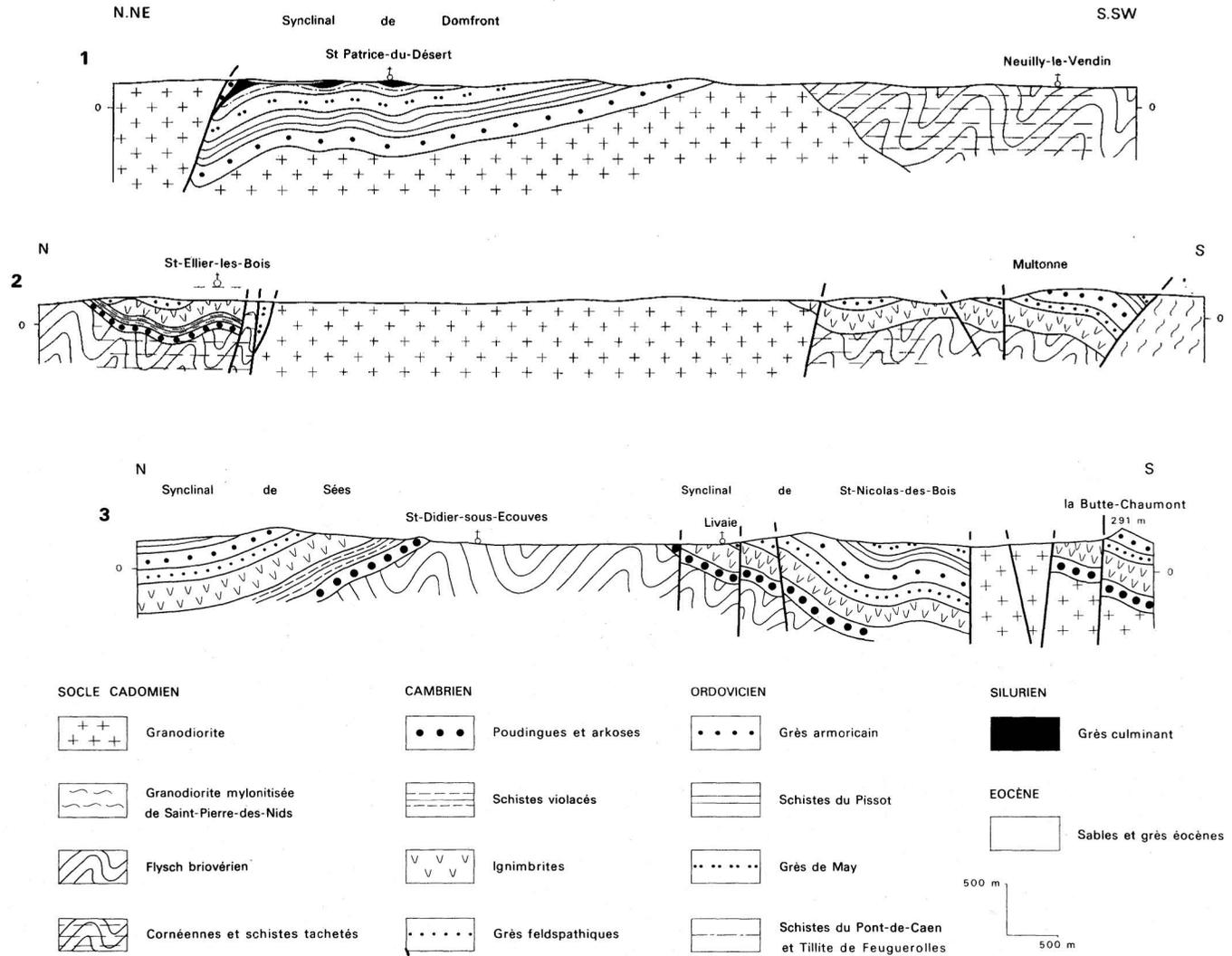
- l'accident Orgères—la-Butte-Chaumont limite le rebord nord-est du granite de Ciral—Gandelain ; des écailles de Paléozoïque s'y trouvent coincées ;
- l'accident Magny-le-Désert — butte de Montrayé, provoque l'ablation du flanc nord du synclinal de Domfront et se prolonge vers le Sud-Est jusqu'à Alençon ;
- l'accident Saint-Samson—Saint-Denis-sur-Sarthon, orienté NW—SE, est parallèle aux deux précédents ;
- l'accident Butte-Chaumont—Boulay-les-Ifs, orienté NE—SW, représente un segment de la grande fracture N 65°E, Villaines-la-Juhel—Bursard, et engendre une intense cataclase du granite de Saint-Pierre-des-Nids.

Déformations du socle cadomien

Le socle cadomien est constitué par les terrains sédimentaires briovériens plissés au cours de l'orogénèse cadomienne, dans lesquels percent les intrusions granodioritiques tardi-tectoniques (617 M.A.). L'existence de cette phase plicative cadomienne est prouvée par la discordance stratigraphique majeure de la série paléozoïque sur les terrains précambriens. Celle-ci s'observe au Nord de Rouperroux (ferme des Forrières ; x = 421,10 ; y = 97,40) et au Nord-Est de Livaie (butte du Cruchet, cote 311 ; x = 424,70 ; y = 94,40).

Les plis qui déforment le Briovérien sont de type isopaque, d'amplitude décamétrique à pluri-hectométrique, et s'orientent autour de la direction E—W (N 70° à N 100°E). Ils plongent de 10° à 45° vers l'Est, plus rarement vers l'Ouest, et s'accompagnent d'une schistosité de fracture N 85° à N 105° E, très intense dans les niveaux

Fig. 2 – Coupes transversales principales (la position des coupes 1,2,3 est indiquée en figure 1)



ardoisiers. Ces structures cadomiennes sont reprises postérieurement par les déformations hercyniennes qui provoquent leur déversement vers le Sud. Localement, les faciès fins sont engagés dans des plis angulaires (*kink-bands*), centimétriques à métriques (les Chapelles, rive gauche de l'Aisne). Des fractures tardives tronçonnent l'ensemble, entraînant la rotation de panneaux de socle (accident de la Mayenne à Pré-en-Pail).

Déformations du Paléozoïque

Les formations paléozoïques reposant en discordance sur celles du Briovérien ont été affectées au cours de l'orogénèse hercynienne par plusieurs phases de déformation responsables d'un système de plis et de fractures.

Plis. Le synclinal de Domfront (coupe 1) implique les formations ordovico-siluriennes directement transgressives sur la granodiorite de la Ferté-Macé. Ce pli s'oriente autour d'une direction N 110° E et montre une forte dissymétrie. Le flanc sud, bien développé, plonge faiblement de 10 à 30 degrés vers le Nord et présente une succession de replis dans la région de Saint-Patrice-du-Désert. Un accident majeur tronque le flanc nord qui se réduit à quelques lambeaux de Grès armoricain verticalisés ou déversés, comme en témoigne la polarité : écaillles de Téroüagne (Sud de la Motte-Fouquet), roches d'Orgères, de l'étang Cadin et du moulin Lassue.

A l'Est de la carte, une succession d'anticlinaux et de synclinaux axés NE-SW, se suivent de la Lande-de-Goult à la forêt de Multonne (coupes 2-3). Ces plis d'amplitude kilométrique inclinent modérément les couches (30° à 60°).

Une schistosité de fracture frustrée est parfois visible dans les formations détritiques fines (Schistes du Pissot et du Pont-de-Caen).

Fractures. Deux directions de fractures majeures s'observent : NE-SW, NW-SE.

● **Accident NE-SW de la Butte-Chaumont-Boulay-les-Ifs** : il prend successivement en écharpe le synclinal de Saint-Nicolas-des-Bois, le massif de Multonne et le synclinal de Saint-Julien-des-Eglantiers, les amputant de leur flanc sud-est. Au Sud, le granite de Saint-Pierre-des-Nids est intensément écrasé et mylonitisé ; la direction de cataclase oscille entre N 45° et N 70°E, le pendage vers le Nord-Ouest varie de 30 à 50°. Son parcours est souligné également par des écaillles de grès paléozoïques : écaillles de la Butte-Chaumont, de la Muletière (Sud-Est de Multonne). Cet accident se prolonge vers le Sud-Ouest jusqu'à Villaines-la-Juhel, et vers le Nord-Est au-delà de Bursard (Alençon 1/50 000). Il témoigne d'une direction sensible en permanence au cours du Paléozoïque : limite occidentale du volcanisme fissural, axe de la fosse volcanique du Maine et de subsidence maximum en *Normannia* méridionale.

● **Accidents NW-SE** : trois fractures importantes traversent le territoire de la feuille, recoupant localement l'accident de Boulay :

- au Nord, l'accident Orgères-la Butte-Chaumont limite le granite de Ciral-Gandelain et provoque le laminage ou la disparition du flanc sud des synclinaux de Saint-Ellier-les-Bois et de Roche-Elie-Saint-Nicolas-des-Bois. Il est jalonné par quatre écaillles gréseuses localement bréchifiées et silicifiées, fichées dans le Briovérien ou la granodiorite (écaillle des Rachelles, de la Crousière, de la Guéferie et de la Roche-Mabile). Cet accident est un décrochement inverse dextre, à composante horizontale de faible amplitude ;

- plus au Sud, l'accident Magny-le-Désert-butte de Montrayé, fonctionnant en faille inverse à fort plongement nord, tronque le flanc septentrional du synclinal de Domfront, ne laissant subsister que quelques écaillles de Grès armoricain. Le granite au Sud-Ouest de la Motte-Fouquet est déformé par une foliation cataclastique (N 110°E, pendage : 40°NE). Plus difficile à suivre au niveau de Ciral-Gandelain, cet accident réapparaît au Sud-Est où son prolongement est reconnu jusqu'à Alençon ;

- une troisième fracture N 110°E, de moindre ampleur, affecte le socle et la couverture de Saint-Samson à Saint-Denis-sur-Sarthon. Cet accident traverse les volcanites du massif de Multonne et pénètre ensuite dans le panneau mylonitisé de Saint-Pierre-des-Nids.

De nombreuses failles tardives transverses, à rejet vertical, tronçonnent toutes les structures précédentes (failles de Saint-Sauveur-de-Carrouges—Pré en Pail, la Motte-Fouquet—Couptrain).

Fracturation posthume tertiaire

Les mouvements épirogéniques ont réglé transgressions et régressions au cours du Secondaire (*cf.* histoire géologique) mais on ne peut mettre en évidence une tectonique cassante datant de cette période.

Au Tertiaire, par contre, le rejeu de certaines fractures hercyniennes est enregistré par les dénivellations de la couverture secondaire et éocène. Ainsi en est-il de part et d'autre de l'accident Butte-Chaumont—Boulay-les-Ifs ; au Sud-Est, le Cénomaniens des Jarrias se situe à l'altitude de 200 à 220 m alors qu'au Nord-Est, les *roussards* du plateau de Ciral jalonnent la cote 320—330 mètres. L'âge fini-miocène de ce rejeu est admis.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

L'hydrogéologie de la région couverte par cette feuille est mal connue.

Signalons toutefois les possibilités non négligeables de réserves dans les formations paléozoïques gréseuses, dans les zones profondément altérées des granites et, pour toutes les roches, les zones écrasées ou filoniennes.

Dans le grès armoricain des gorges de Villiers (vallée de la Gourbe), se trouve une source chaude. Ce thermalisme est probablement en relation avec la présence proche du granite.

RESSOURCES MINÉRALES

Le territoire de la feuille la Ferté-Macé est pauvre en gisements métallifères. Seul le fer fut exploité jadis et fait encore actuellement l'objet d'une concession (la concession de l'Ermitage) où les travaux n'ont toutefois pas dépassé le stade de la recherche. La cassitérite a été remarquée en alluvion, généralement à l'état de traces. Elle provient soit directement du granite, soit des sables éocènes. En alluvion également, on observe des traces de wolframite près de Joué-du-Bois et de Pré-en-Pail et des traces d'or parfois sur quartz dans tout le Briovérien du quart sud-ouest de la feuille.

Minerai de fer ordovicien

A l'exception de la période médiévale, le minerai de fer ordovicien n'a jamais été exploité sur le territoire de la feuille la Ferté-Macé, mais il a fait l'objet de recherches entre 1907 et 1931 dans trois régions : Lande-de-Goult (synclinal de Sées), région de Saint-Patrice-du-Désert et concession de l'Ermitage dans la partie orientale du synclinal de Domfront.

Ce minerai oolithique est constitué de trois composés ferrifères principaux : chlorite, sidérite, hématite, auxquels s'ajoutent en faible quantité pyrite, chalcopryrite, rutile, galène et blende. Le quartz est toujours présent au cœur des oolithes et dans la mésotase, aussi le minerai est-il typiquement siliceux. L'analyse séquentielle montre que le minerai de fer ne se dépose, au sein de la sédimentation argileuse, qu'à l'occasion de retours à la sédimentation arénacée : le mur et le toit sont généralement gréseux. De telles conditions sont réalisées par intermittences surtout dans les Schistes du Pissot (ex-Schistes à Calymènes), les Schistes du Pont-de-Caen et peut-être dans des niveaux argileux (schistes dits « intermédiaires ») des Grès de May. En raison des vues stratigraphiques différentes des auteurs, il est difficile de situer la position des horizons

minéralisés. La revue(*) ci-dessous emprunte la numérotation verticale des couches (1 à 5) propre aux mineurs, selon un ordre stratigraphique qui n'est que supposé. Les couches basales sont situées dans les Schistes du Pissot ; une grande confusion existe quant à l'altitude stratigraphique des couches 4 et 5.

● *Lande-de-Goulst* (250-4-4001). Quatre couches auraient été repérées, dans les Schistes du Pissot pensons-nous ; l'une d'elles a une puissance de 5 mètres.

● *Région de Saint-Patrice-du-Désert*. Les observations, sans indication de puissance, sont localisées à l'Ouest de cette localité :

- au Sud de la Perdrière (Sud des Champs-Ferrés, feuille la Ferté-Macé 1-2 à 1/25 000), un puits a reconnu du minerai à 32 % de fer, vraisemblablement dans les Schistes du Pont-de-Caen ;

- près de la chapelle Sainte-Anne (vallée de la Gourbe), un puits et un travers-banc ont recoupé la couche 2 dans les Schistes du Pissot (Fe : 23,65 à 34,14 % ; SiO₂ : 27,70 à 13,20 ; perte au feu : 15,80 à 18,80 ; Fe grillé : 28,45 à 42,18).

● *Concession de l'Ermitage* (250-2-4001). Cette concession était située à l'Est de Saint-Patrice-du-Désert. Elle est limitée au Nord par l'étang de la Vie, à l'Est par les Sénaillères, au Sud par le ruisseau de Saint-Ursin, à l'Ouest par Haut-Eclair. La couche 1, trop siliceuse, n'est pas exploitable ; la couche 4 est fort mal connue. A titre d'exemple, les autres couches ont été repérées aux points ci-dessous :

- au Sud de Haut-Eclair (le Bisson, feuille la Ferté-Macé 1-2 à 1/25 000), deux couches (2 et 3 des mineurs) reconnues avec une puissance de 1,30 m ; position stratigraphique ambiguë en raison de l'existence d'une faille méridienne ;

- entre Saint-Ursin et le carrefour de l'Ermitage (x = 408,90 ; y = 95,45), cinq couches inventoriées du Sud au Nord ; la première (couche 1) avec une puissance de 1,70 m est située dans les Schistes du Pissot, à 65 m au toit du Grès armoricain ; la seconde (2) à 50 m au Nord du ruisseau de Saint-Ursin ; à 112 m au Nord encore la couche 3 (1,70 m) ; deux dernières couches (4 et 5) à une centaine de mètres au Sud du carrefour avec une puissance de 2,40 m pour la couche 5 ;

- des travaux ont également recoupé la minéralisation à la Patricière (couche 2 des exploitants), aux Souchets (couche 3) ainsi qu'à la Gérarderie et à la Fouchardière ; tous ces horizons paraissent se situer dans les Schistes du Pissot ;

- au Nord de la colline de l'Ermitage les travaux de la Société des mines de l'Ermitage (entre 1928 et 1931) reconnaissent deux couches minéralisées sous la couverture éocène ; nous les situons dans les Schistes du Pont-de-Caen.

Dans cette concession de l'Ermitage, les seules couches exploitables (2, 3, 5) ont donné lieu aux analyses moyennes suivantes :

	Fe	SiO ₂	perte au feu	Fe grillé
2	35,94	12,88	21,16	46,72
3	38,44	13,53	17,35	46,50
5	35,66	11,48	22,55	46,11

Matériaux et carrières

Plus de soixante carrières figurées sur cette carte se répartissent de la façon suivante : Grès armoricain (28 carrières), granite (12), grès cambrien k₂ (6), ignimbrites (6), Briovérien (4), Grès de May (3), cornéennes (2), microgranite (1). D'anciens points d'extraction de sables cénomaniens (bois de Jarrias) n'ont pas mérité d'être représentés.

(*) d'après Puzenat et Maillot (cf. bibliographie) modifiée pour la stratigraphie.

Les matériaux meubles ne représentent qu'une faible proportion et leur exploitation appartient au passé : altérites sur granite et sur volcanites (N.NE de Rouperroux), sables cénomaniens. Sont abandonnées également les ardoisières du Briovérien, les exploitations du granite de la Ferté-Macé (région de Joué-du-Bois) dont les pierres d'appareil étaient en concurrence régionale avec celles du granite d'Alençon. Les matériaux d'empierrement étaient et restent la ressource principale. Le Grès armoricain a été largement extrait à cet effet dans tous les massifs qu'il arme de ses barres résistantes de quartzites.

Actuellement, seules deux carrières sont exploitées dans le périmètre de la feuille la Ferté-Macé selon des procédés industriels :

- la carrière de Grès armoricain des Courteilles, au Sud de Saint-Patrice-du-Désert (x = 403,75 ; y = 95,20),
- la carrière des ignimbrites du Plessis, au Nord-Ouest de Rouperroux (x = 420,20 ; y = 47,65).

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

On trouvera des renseignements géologiques et en particulier un itinéraire dans le *Guide géologique régional : Normandie* (1977), par F. Doré, P. Juignet, C. Larssonneur, C. Pareyn et M. Rioult, Masson éd.

Itinéraire 8 : du massif d'Écouves à la Charnie. Une transversale de l'Est du Massif armoricain.

BIBLIOGRAPHIE

Articles se rapportant au territoire de la carte

- BIGOT A. (1893) — Communication sur la butte de Montrayé. *Bull. Soc. linn. Normandie*, S. 4, 7, p. 26—29.
- CHALOT—PRAT F. (1976) — Les complexes volcaniques acides de la cicatrice Multonne—Écouves (Est du Massif armoricain) au Paléozoïque inférieur. Cartographie et Pétrographie. Thèse 3^o cycle, Caen, 104 p.
- CHEVALIER B. (1968) — Relations entre le volcanisme rhyolitique d'Écouves et les formations détritiques cambriennes. Dip. d'ét. sup., fac. sc. Caen, 81 p.
- CHEVALIER B. et DORÉ F. (1970) — Interstratification des éruptions volcaniques du Massif d'Écouves (Orne) dans les formations du Cambrien régional. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 101, p. 61—77.
- DORÉ F. (1973) — Géologie du massif d'Écouves. *Annales C.R.D.P. Caen*, p. 21—28.
- DORÉ F., LE GALL J. et PAREYN C. (1977) — Présence d'ignimbrites cambriennes dans le flanc nord du synclinal de Sées (Est du Massif armoricain). *Bull. Soc. linn. Normandie*, 105, p. 19—21.
- GRAINDOR M.-J. (1965) — Géologie de l'extrémité orientale du Massif armoricain (feuille Alençon au 80 000^o). *Bull. Serv. Carte géol. France*, 274, LX, 130 p.

- GRAINDOR M.-J. et ROBLOT M.-M. (1963) — Carte géologique d'Alençon (n° 62) au 80 000° (3° édit.). Service Carte géol. France, Paris.
- HOUZARD G. (1973) — La forêt d'Écouves : contribution à l'étude du paysage végétal. *Annales C.R.D.P. Caen*, p. 11–20.
- KLEIN C. (1960) — Sur quelques témoins présumés de la transgression bathonienne en Normandie méridionale et dans le Maine. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 251, p. 2213–2215.
- KLEIN C. (1960) — Sur la position stratigraphique des rhyolites d'Écouves et de Perseigne (Orne). *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 251, p. 2382–2384.
- LETELLIER M. (1888) — Études géologiques sur les deux cantons d'Alençon. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 4° s., II, p. 305–420.
- LETELLIER M. (1896) — Études géologiques sur le massif silurien d'Écouves. *Bull. Soc. géol. Normandie*, (1894–1895), XVII, p. 50–100.
- LEMAITRE H. (1958) — Témoins de Jurassique silicifié aux environs d'Alençon (Orne). *C.R. somm. Soc. géol. France*, 3, p. 54–56.
- VÉRAGUE J. (1973) — Le massif d'Écouves : aspects géomorphologiques. *Annales C.R.D.P. Caen*, p. 37–43.
- VÉRAGUE J. (1974) — La transgression cénomaniennne et les témoins anté-cénomaniens d'altération entre Sées et Alençon (Orne). *Norols*, XXI, 84, p. 541–562.
- Articles d'intérêt général**
- BERTHOIS L. (1935) — Recherches sur les minéraux lourds des granites de la partie orientale du Massif armoricain. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, t. II, 190 p.
- BLAVIER E. (1837) — Essai de statistique minéralogique et géologique du département de la Mayenne. Paris, Monnoyer édit., le Mans, 196 p.
- BOYER-GUILHAUMAUD C. (1974) — Volcanismes acides paléozoïques dans le Massif armoricain. Thèse Orsay, 384 p.
- CHALOT-PRAT F. et LE GALL J. (1978) — Pétrographie des ignimbrites et des dépôts volcanoclastiques associés dans le Cambrien de l'Est du Massif armoricain. *Bull. B.R.G.M.*, I, 3, p. 187–205.
- DANGEARD L. et DORÉ F. (1971) — Faciès glaciaires de l'Ordovicien supérieur en Normandie. *Mém. B.R.G.M.*, n° 73, p. 119–128.
- DORÉ F. (1969) — Les formations cambriennes de Normandie. Thèse, fac. sc. Caen, 790 p.
- DORÉ F. et LE GALL J. (1972) — Sédimentologie de la « Tillite de Feugueroles » (Ordovicien supérieur de Normandie). *Bull. Soc. géol. France*, (7), XIV, p. 199–211.

- DORÉ F. et LE GALL J. (1973) — Présence et position stratigraphique de la tillite ordovicienne dans le Maine (Est du Massif armoricain). *C.R. somm. Soc. géol. France*, 1, p. 32—33.
- DORÉ F., GIORDANO R. et LE GALL J. (1972) — Mise au point sur la position stratigraphique des volcaniques cambriennes de l'Est du Massif armoricain. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 103, p. 30—45.
- DORÉ F., JUIGNET P., LARSONNEUR C., PAREYN C. et RIOULT M. (1977) — Guides géologiques régionaux : Normandie. Edit. Masson, Paris, 206 p.
- GRAINDOR M.-J. (1959) — Granites et synclinaux paléozoïques entre Alençon et Mayenne. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 1, p. 555—556.
- GRAINDOR M.-J. et ROBLLOT M.-M. (1959) — Sur l'âge des roches volcaniques à l'Ouest d'Alençon. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 248, p. 2112—2113.
- JONIN M. (1973) — Les différents types granitiques de la Mancellia et l'unité du batholite manceau (Massif armoricain). *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 277, p. 281—284.
- JONIN M. et VIDAL P. (1975) — Étude géochronologique des granitoïdes de la Mancellia, Massif armoricain, France. *Can. J. Earth Sci.*, 12, p. 920—927.
- KLEIN C. (1973) — Massif armoricain et Bassin parisien : contribution à l'étude géologique et géomorphologique d'un massif ancien et de ses enveloppes sédimentaires. Publ. univ. Strasbourg, 3 tomes, 882 p.
- LE GALL J., DORÉ F., GIORDANO R. et POTTIER Y. (1975) — Position stratigraphique et cadre tectono-sédimentaire des manifestations volcaniques cambriennes dans le Nord-Est du Massif armoricain. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XVII, p. 1101—1109.
- MAILLOT R. (1969) — Les synclinaux ferrifères de Domfront et de la Ferrière-aux-Étangs (Basse-Normandie). *Bull. B.R.G.M.*, II, 1, p. 1—120.
- PUZENAT L. (1939) — La sidérurgie armoricaine. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, t. IV, 399 p.
- RACHEBOEUF P. (1969) — Généralités sur quelques Trilobites des schistes ordoviciens de la Mayenne. *Bull. Mayenne-Sciences*, p. 66—86.
- ROBARDET M. (1973) — Évolution géodynamique du Nord-Est du Massif armoricain au Paléozoïque. Thèse, Paris, 553 p., 108 fig. (ronéot.).
- ROBARDET M., HENRY J.-L., NION J., PARIS F. et PILLET J. (1972) — La formation du Pont-de-Caen (Caradocien) dans les synclinaux de Domfront et de Sées (Normandie). *Ann. Soc. géol. Nord*, XCII, 3, p. 117—137.
- WEYANT M., DORÉ F., LE GALL J. et PONCET J. (1977) — Un épisode calcaire ashgillien dans l'Est du Massif armoricain ; incidence sur l'âge des dépôts glacio-marins fini-ordoviciens. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 284, p. 1147—1149.

Gîtes minéraux

BUBENICEK L. (1965) — Les paragenèses des minerais de fer oolithiques des terrains primaires de l'Ouest de la France. *Revue Ind. min.*, 47, n° 7.

CAYEUX L. (1909) — Les minerais de fer oolithique de France. Fasc. 1 : Minerais primaires. Imp. nat., Paris.

COURTY G. (1965) — Esquisse sur la pétrographie et remarques sur la diagenèse de la couche principale de minerai de fer ordovicien normand. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 274.

MAILLOT R. (1969) — (voir ci-dessus).

PUZENAT L. (1939) — (voir ci-dessus).

RAGUIN E. (1958) — Bassins de fer de l'Ouest de la France. Étude géologique. Chambre syndicale des Mines.

SCHNAEBELE M. (1963) — Géologie des minerais de fer de l'Ouest. *Revue Ind. min.*, janvier 1963, p. 24—42.

Cartes géologiques

- à 1/380 000 : - Carte géologique du département de l'Orne par Blavier (1840).
- Carte géologique du département de la Mayenne par Blavier (1837).
- à 1/ 40 000 : - Carte géologique des deux cantons d'Alençon par M. Letellier (1888).
- à 1/ 80 000 : - Carte géologique du massif silurien d'Ecouvès par Letellier (1896).
- Alençon (1ère édit.) par A. Bigot, Bizet et Letellier (1893).
- Alençon (2ème édit.) par A. Bigot avec la collaboration de Matte (1924).
- Alençon (3ème édit.) par M.-J. Graindor avec la collaboration de M.-M. Roblot (1963).

ANALYSES CHIMIQUES(*)

(feuille la Ferté-Macé)

	AC 1	AC 2	AC 3	AC 4	AC 5	AC 6	AC 7	AC 8
	R	149 C	152	148 A	125 C	124 A	134	167
SiO ₂	72,28	69,00	75,20	83,00	70,60	69,40	72,80	75,50
Al ₂ O ₃	13,23	14,40	11,90	8,15	14,10	14,80	13,50	12,30
Fe ₂ O ₃	4,10	0	2,20	0,08	1,35	1,25	1,80	0,65
FeO	0,19	4,00	1,55	1,15	2,25	2,20	1,10	1,50
TiO ₂	0	0,45	0,33	0,11	0,42	0,53	0,34	0,25
MnO	0,06	0,04	0,03	0,01	0,04	0,03	0,03	0,02
CaO	0,26	1,60	0,25	0,10	1,50	0,45	0,20	0,20
MgO	0,64	1,00	0,25	0,15	1,00	0,85	0,65	0,50
Na ₂ O	3,09	3,00	6,80	0,17	2,65	3,00	1,70	1,40
K ₂ O	3,98	4,25	0,70	5,75	3,75	4,65	5,10	5,75
P ₂ O ₅	0	0,15	0,07	0,03	0,15	0,14	0,14	0,05
H ₂ O ⁻	0,28	0,20	0,15	0,05	0,20	0,30	0,25	0,15
H ₂ O ⁺	1,88	2,25	0,85	0,75	1,75	2,15	2,40	1,90
Total	99,99	100,34	100,28	99,50	99,76	99,75	100,01	100,17

AC 1 (R) : ignimbrite flammée (Rouperroux) (*in C. Boyer*)

AC 2 (149 C) : ignimbrite (Livaie)

AC 3 (152) : brèche d'intrusion du moulin de Haut (Livaie)

AC 4 (148 A) : nappe de ponces (Livaie)

AC 5 (125 C) : ignimbrite flammée (la Lande)

AC 6 (124 A) : ignimbrite flammée (Pré-Chauvon)

AC 7 (134) : ignimbrite flammée (la Haute-Haie)

AC 8 (167) : ignimbrite flammée (bois de Burus)

Ecouves

Saint-Ellier

Multonne

(*) Analyses du laboratoire de chimie du B.R.G.M., excepté AC 1.

TABLEAU D'ÉQUIVALENCE DES NOTATIONS

Alençon 1/80 000 3° édit., 1963	La Ferté-Macé 1/50 000 1° édit., 1977
a^2	Fz
a^{1b}	LP
-	CLP
-	S
e_i	05
c^{4-3}	C1-2a
J_i	j2c
J_{ii}	j2b
X_{iii}^3	Ri-j
d^{2a}	d1
S^{3b}	s2-3
S^{2bc}	{ 06 05 04-5
S^{2a}	03-4
S^{1b}	02
S^{1a} } S^a }	$k_2 + k_{1a}$ (pro parte)
ρx	k^{K1} { 1 br1, br2 i, pc, tf
SP	{ k_{1c} k_{1b} k_{1a}
X^3	b3b
X^3	b3a
X^2	-
$X^3 \gamma_i$	$b_3 \gamma^4$
γ_i^B } γ_i^A }	γ^4
μ	γ^4
γ^3	(avec surcharge) $\mu \gamma^3$

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

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

- pour le département de l'Orne, au S.G.R. Basse-Normandie, 2 rue du Général Moulin, 14000 Caen ;
- pour le département de la Mayenne, au S.G.R. Pays de la Loire, rue Henri Picherit, 44000 Nantes ;
- ou encore au B.R.G.M., 6-8 rue Chasseloup-Laubat, 75015 Paris.

AUTEURS

Cette notice a été rédigée par Francis DORÉ, maître de conférences, Lionel DUPRET et Jean LE GALL, assistants, Françoise CHALOT-PRAT, docteur de 3^e cycle, tous du laboratoire de géologie armoricaine, université de Caen.