



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

BUREAU DE  
RECHERCHES  
GÉOLOGIQUES  
ET MINIÈRES

# FOUGÈRES

13-17

## FOUGÈRES

La carte géologique à 1/50 000  
FOUGÈRES est recouverte par les coupures suivantes  
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :  
au nord : AVRANCHES (N° 61)  
au sud : LAVAL (N° 76)

Dol- -de-Bretagne Mont-St-Michel	St-Hilaire- -du-Harcouët	Landivy
Combourg	FOUGÈRES	Ernée
Rennes	Vitré	Laval

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE  
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES  
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL  
Boîte postale 6009 - 45060 Orléans Cédex - France



# NOTICE EXPLICATIVE

## SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	2
<i>PRÉSENTATION ET CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i> .....	2
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE</i> .....	2
DESCRIPTION DES TERRAINS .....	3
<i>FORMATIONS SÉDIMENTAIRES DU PROTEROZOÏQUE SUPÉRIEUR</i> .....	3
<i>GRANITOÏDES CADOMIENS ET TARDI-CADOMIENS</i> .....	5
<b>Massif de Fougères</b> .....	5
<b>Petits massifs et corps filoniens du quart sud-est</b> .....	11
<i>ROCHES FILONIENNES D'AGES DIVERS</i> .....	15
<i>FORMATIONS PALÉOZOÏQUES</i> .....	16
<i>FORMATIONS TERTIAIRES</i> .....	20
<i>FORMATIONS QUATERNAIRES</i> .....	22
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES .....	23
<i>MÉTAMORPHISME</i> .....	23
<i>STRUCTURATION, HISTOIRE TECTONIQUE</i> .....	26
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS .....	29
<i>HYDROGÉOLOGIE</i> .....	29
<i>RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES</i> .....	30
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE .....	33
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i> .....	33
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i> .....	33
<i>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i> .....	33
AUTEURS .....	37
ANNEXE : <i>TABLEAU DES ANALYSES CHIMIQUES</i> .....	38

## INTRODUCTION

### PRÉSENTATION ET CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Situé dans la partie nord-est de l'Ille-et-Vilaine, près de la Mayenne dont il comprend même quelques kilomètres carrés, le territoire de la feuille Fougères à 1/50 000 s'étend sur une région bocagère relativement accidentée puisque l'altitude y varie de 40 m à l'Ouest (vallée du Couesnon) à 244 m au Nord-Est (Mont-Romain). La majeure partie du réseau hydrographique est tributaire du Couesnon, à l'exception de l'extrême Nord-Est (bassin de la Sélune) et de la bordure sud (bassin de la Vilaine). Ce réseau et le modelé topographique résultent de la combinaison de deux styles structuraux successifs :

— des structures souples anciennes orientées E—W à NE—SW, qui délimitent quatre zones principales :

— au Nord du Couesnon une partie haute correspondant au massif granitique de Fougères, partie du batholite manceau cadomien, et à l'auréole de cornéennes qu'il crée dans les sédiments briovériens encaissants ;

— au Sud de la feuille un plateau correspondant au Siluro-Ordovicien du synclinal de la lande d'Ouéé, partie du synclinorium médian armoricain, qui se rattache à la première zone en aval de Saint-Jean-sur-Couesnon ;

— au Sud-Est de la feuille une zone haute due à la réapparition de massifs granitiques et de cornéennes ;

— entre ces trois zones, une dépression centrale où le Couesnon draine le Briovérien non cornéifié ;

— des structures de fracturation tardive, qui découpent les zones précédentes quelles que soient les formations, en marches d'escalier N—S à N.NW—S.SE, s'élevant dans l'ensemble de l'Ouest vers l'Est. A l'échelle de la carte, les dépôts tertiaires et quaternaires n'ont que peu d'influence sur la morphologie.

Les données géologiques antérieures sont essentiellement les cartes à 1/80 000 Laval (2<sup>e</sup> édition, 1960, par Y. Milon et *al.*) et Avranches (3<sup>e</sup> édition, 1970, par M.-J. Graindor et M.-M. Roblot). Pour la présente carte, le Paléozoïque a été traité en se basant sur des subdivisions surtout lithologiques ; l'accent a été mis sur l'étude pétrographique et structurale des granites, ainsi que leurs effets sur les sédiments briovériens que l'on a cherché à mieux décrire et représenter, malgré la rareté des affleurements intéressants en roches tendres.

### HISTOIRE GEOLOGIQUE

Les formations les plus anciennes connues ici sont les dépôts détritiques à sédimentation rythmique immature formés aux dépens d'un socle métamorphisé et plutonisé. Leur âge incertain est considéré comme briovérien supérieur (Protérozoïque supérieur). Ces sédiments, plissés dans un niveau structural moyen, sont restés au plus épimétamorphiques lors de l'orogénèse cadomienne qui leur a donné une structuration en plis serrés orientés en moyenne N 50° E. Cette phase se termine à une époque qui oscille, selon les auteurs, autour de la base du Cambrien, par la mise en place du batholite granitique manceau (suivi de manifestations leucogranitiques vers 510 M.A.) dans les sédiments briovériens en fin de plissement, où il détermine un important thermométamorphisme.

Après une période d'émersion pendant, au moins, la plus grande partie du Cambrien, une transgression de la mer épicontinentale au début de l'Ordovicien dépose le Grès armoricain (Arenig), formation littorale. A l'Ordovicien moyen la transgression s'est développée avec la sédimentation argileuse de la Formation d'Andouillé. Puis au Caradoc—Ashgill il y a régression et dépôt des Grès de Saint-Germain-sur-Ille, à caractère littoral. Ils sont surmontés par la Formation de la lande Murée marquant le début du Silurien (Llandovery—Ludlow) caractérisée par une sédimentation arénacée et argilo-carbonée (ampélites). La transgression silurienne s'accroît avec les *siltstones* micacés et les *mudstones* à bancs gréseux de la formation du Val (Ludlow—Pridolien) qui marque le sommet du Paléozoïque présent sur la feuille ; les Grès de Gahard (Gédinnien) portés sur la carte à 1/80 000 Laval n'ont pu être identifiés ici.

Le Dévonien et le Carbonifère ne sont pas connus dans le cadre de la feuille, mais existent normalement dans le Synclinorium médian à l'Est comme à l'Ouest.

Les paroxysmes varisques (post-namuriens) plissent la série paléozoïque en synclinorium E—W dont le plan axial a un plongement moyen sud. Une tectonique cassante, avec mise en place de gros filons de quartz, est induite dans le socle cadomien par cette compression. Puis des fractures cisailantes E—W à rebroussement nord-est, plus ou moins chevauchantes, affectent l'ensemble, suivies d'un rejeu des fractures de la phase précédente. Une phase de distension ultérieure provoque un nouveau rejeu, permettant la mise en place des grands filons de dolérite.

L'histoire géologique reste obscure pendant les temps mésozoïques dont aucun indice n'est connu. Un nouveau rejeu des anciennes fractures varisques a donné un fossé d'effondrement où se sont déposées les argiles de Landéan (Sannoisien), lacustres avec influences saumâtres. A l'Helvétien une brève incursion marine dépose des faluns, dont un lambeau est conservé, isolé par les mouvements ultimes, en gradins et touches de piano, des failles précédentes. Après une nouvelle période d'émersion et d'altération, les sables pliocènes s'accumulent, en particulier dans la dépression qui longe le pied de la falaise des Grès armoricains. Les limons témoignent enfin d'un milieu périglaciaire quaternaire.

## DESCRIPTION DES TERRAINS

### FORMATIONS SÉDIMENTAIRES DU PROTÉROZOÏQUE SUPÉRIEUR

**b2. Briovérien supérieur épimétamorphique.** Il s'agit de formations détritiques, à sédimentation rythmique, immature, pseudo-flyschoïde ou molassique, essentiellement constituées d'argilites, siltites et *wackes*, d'âge briovérien supérieur. Ce sont les terrains les plus anciens connus sur la feuille. Ces formations occupent à peu près la moitié sud ainsi que le coin nord-ouest, mais sont recouvertes en discordance par le Paléozoïque au Sud-Ouest, tandis qu'elles sont thermométamorphosées par les granites cadomiens intrusifs sur les autres marges et au Nord-Ouest de la feuille.

Sur le terrain, la monotonie globale des matériaux qui constituent cette formation et l'absence de niveaux-repères suffisamment continus n'ont pas permis d'établir une stratigraphie. A peine a-t-on pu distinguer sur la carte les niveaux

grossiers, au moins de puissance métrique, qui apparaissent discontinus pour diverses raisons tant sédimentologiques que tectoniques, jointes à la relative rareté des affleurements. L'épaisseur, inconnue, de la formation, peut être kilométrique.

Macroscopiquement les argilites et les siltites sont de couleur grise, plus foncée pour les argilites, de granulométrie très fine, que pour les siltites à grain seulement fin et nuances parfois verdâtres. La roche devient beige grisâtre à l'altération. Certains niveaux enrichis en matière organique présentent une pigmentation noire. Le débit en plaquettes est assez fréquent et apparaît nettement à l'altération ; il est déterminé par la stratification.

Les *wackes* sont gris, plus ou moins foncés, parfois verdâtres ou brunâtres, finement mouchetés de blanc ou de noir par les plus gros éléments détritiques constituants, de dimensions millimétriques. Ils jaunissent à l'altération mais restent massifs.

Au microscope les argilites apparaissent constituées par un fin feutrage de minéraux phylliteux et argileux, avec parfois pigments noirs, et fine poussière de quartz détritique. Les minéraux phylliteux sont des séricites et des chlorites, orientés ou non. Une étude diffractométrique aux rayons X a montré que la fraction argileuse est constituée par moitié environ d'illite et de chlorite.

Les siltites ont même composition et texture mais les proportions de minéraux phylliteux et détritiques (surtout quartz) sont inversées, avec augmentation du grain et apparition de quelques feldspaths détritiques.

Les *wackes* comprennent une matrice silteuse assez abondante emballant des éléments détritiques plus grossiers, de dimensions diverses jusqu'à environ 1,5 mm, anguleux généralement et rarement classés. On observe parfois une certaine orientation des éléments allongés. Ces éléments hérités sont : quartz parfois arrondi, feldspath potassique rare, plagioclase acide et albite anguleux, muscovite assez fréquente, biotite plus rare chloritisée, zircon et tourmaline en quantité variable, ilménite—leucoxène et hématite—limonite moins fréquents, éléments lithiques plus ou moins anguleux (quartzites, microquartzites dont phtanites, roches volcaniques microlithiques, roches plutoniques finement grenues ou microgrenues porphyriques, schistes et micaschistes). Selon les échantillons la proportion entre quartz (Q) feldspaths (F) et éléments lithiques (L) est variable. Les niveaux de granulométrie la plus fine sont généralement les plus quartzeux. Le degré de maturité de ces roches est peu élevé ; dans le diagramme triangulaire Q (+ quartzite)/F/L de Pettijohn, elles se groupent assez bien dans la zone des *wackes* subfeldspathiques. Les proportions moyennes des éléments détritiques sont : quartz 65 %, plagioclase 15 %, feldspath potassique 1,5 %, quartzites et microquartzites 14 % (dont 1 % de phtanites), schistes et micaschistes 4 %, roches éruptives 0,5 %. Quelques échantillons divergent vers des variétés plus quartzieuses, ils semblent cantonnés dans la partie sud ; la rareté des affleurements de bonne qualité ne permet pas de dire s'il s'agit d'une variation à caractère stratigraphique. La même conclusion s'impose quant à l'apparente plus grande fréquence des niveaux à pigments noirs dans la partie nord-est et singulièrement près de Fougères.

Des figures de sédimentation telles que granoclassement, stratifications obliques, figures de base de banc ont pu être observées. Les alternances de niveaux *wackeux*, silteux, argiliteux existent à des échelles très variables ; on peut observer des séquences millimétriques, centimétriques et jusqu'à plurimétriques. Selon les séquences, on observe une dominante de l'un ou l'autre des constituants. Les niveaux *wackeux* au moins métriques peuvent être mieux

repérés grâce à leur relative dureté qui en fait l'ossature de petits reliefs et a pu donner lieu à quelques exploitations en carrière.

La formation décrite est plissée et métamorphisée (*cf.* Phénomènes géologiques). On connaît pour son âge une seule limite : son intrusion par les granites cadomiens. Ses caractères pétrographiques et sédimentologiques rapprochent cette formation de celle de la Laize en Normandie, considérée comme appartenant au Briovérien supérieur (Protérozoïque supérieur). Une recherche palynologique sur argilite noire s'est révélée négative.

#### GRANITOÏDES CADOMIENS ET TARDI-CADOMIENS

Sont groupés dans ce chapitre toutes les manifestations, intrusives dans le Briovérien, liées au batholite granitique manceau, dont la mise en place est pour l'essentiel tardi-cadomienne. Ce batholite composite dessine une ellipse de 150 km (d'Alençon à la Rance) sur 90 km (de Vitré à Vire). Il est représenté sur la feuille par le massif de Fougères au Nord et les petits massifs et corps filoniens du quart sud-est.

#### Massif de Fougères

Cette partie du batholite manceau est allongée W.SW—E.NE et couvre à peu près la moitié nord de la feuille, sauf le coin nord-ouest. On y distingue deux types pétrographiques de granodiorite, qui constituent l'essentiel du massif mis à part les intrusifs : granodiorite à biotite qui affleure au Nord-Ouest et granodiorite à biotite et cordiérite en large bordure sud-est du précédent faciès. Au Nord-Ouest la granodiorite à biotite est intrusive dans les sédiments briovériens qu'elle cornéifie ; au Sud c'est le faciès à cordiérite qui est intrusif dans le Briovérien y donnant une double auréole de cornéennes et de schistes tachetés. La mise en place de ce massif sera étudiée dans le chapitre Phénomènes géologiques ; son âge isotopique serait  $596 \pm 12$  M.A. (M. Jonin et P. Vidal, 1975).

#### Description des formations

$\gamma^4$ . **Granodiorite à biotite.** Granodiorite blanche du type Louvigné-du-Désert (M. Jonin, 1973), c'est une roche de teinte claire, homogène, de granulométrie moyenne et constante (2 à 4 mm). Sa texture est isogranulaire et équante. Elle est composée de quartz en amas généralement globulaires, de feldspaths, de biotites hexagonales et accessoirement de sulfures. Le début de l'altération se marque par une coloration jaune verdâtre des plagioclases, ce qui les distingue des feldspaths alcalins et confère à la roche une teinte sombre. Les enclaves, réparties de façon homogène, de taille centimétrique à décimétrique, sont de trois types :

- enclaves microgrenues sombres de forme arrondie montrant un contact net avec la granodiorite ;
- enclaves d'origine métamorphique et sédimentaire, généralement allongées, parfois plissées et boudinées ; leur contact avec la granodiorite peut être net ou plus diffus avec interpénétration ;

— enclaves monominérales : il s'agit essentiellement de nodules de quartz de 3 à 5 cm (jusqu'à 20 cm).

$\gamma_c^4$ . **Granodiorite à biotite et cordiérite.** Granodiorite grise du type Vire (M. Jonin, 1973), elle a une teinte légèrement plus sombre, une granulométrie et une texture analogues à celles de la granodiorite à biotite seule. Elle s'en distingue par la présence de cordiérite, très souvent prismatique (1 à 4 mm) et de muscovite subordonnée. Toutefois sa granulométrie est localement plus fine et quelques rares phénocristaux (1 cm) apparaissent donnant un faciès porphyrique, localisé semble-t-il au toit du massif. Les enclaves sont les mêmes que celles de la granodiorite à biotite ; on doit toutefois noter que les enclaves métamorphiques et sédimentaires sont plus abondantes et que l'on a observé de rares enclaves monominérales particulières : xénocristaux de sillimanite centimétriques entourés d'une bordure réactionnelle.

$\gamma^2$ . **Leucogranites, aplites (et pegmatites).** Les aplites sont des roches blanches ou roses, à grain fin, essentiellement quartzo-feldspathiques, à micas peu abondants (biotite et muscovite). On y observe parfois de petites taches de cordiérite et de tourmaline. Les leucogranites, plus rares, sont de minéralogie identique et se distinguent des aplites par leur granulométrie plus grossière, tous les intermédiaires existant entre les deux faciès. Des pegmatites à deux micas et tourmaline, des bouffées pegmatoïdes diffuses et filonnets de quartz sont fréquemment associés à ces roches.

### **Description cartographique, relations entre les formations**

• **Les granodiorites et l'encaissant.** Au Nord-Ouest du massif, la granodiorite à biotite seule arrive au contact du Briovérien. Ce contact n'a pu être observé avec précision à cause des mauvaises conditions d'affleurement ; il est sans doute localement faillé. On peut penser que la grande extension cartographique de la zone de cornéennes, ainsi que la présence dans celles-ci de filons parfois métriques d'aplités et de pegmatites jusqu'à au moins 400 m du tracé du contact, indiquent un profil peu penté de la surface de contact dans cette zone. Avec cette disposition et la relativement bonne résistance de la granodiorite à biotite à l'érosion, aucune différence de relief bien marquée ne s'observe au passage d'une formation à l'autre.

Tout le long de la bordure sud du massif, c'est la granodiorite à cordiérite qui est en contact avec le Briovérien. Il s'agit d'un contact intrusif diffus avec pénétration de la granodiorite en bouffées et filons métriques à décimétriques contournés, dans les sédiments cornéifiés qui sont alors disloqués, plissés et boudinés. Ce schéma admet quelques variations selon les régions :

— à l'Ouest de Fougères où la bordure du massif est le plus souvent concordante avec les structures plissées du Briovérien, la zone de mélange granodiorite—cornéennes a seulement quelques mètres à une dizaine de mètres de largeur ;

— à l'Est de la ville, le contour du massif recoupe avec un angle assez grand les structures briovériennes ; près du contact la granodiorite est très riche en enclaves, puis sur un mètre elle se trouve en nuages et filons concordants dans une cornéenne homogène à texture aplitique, qui prend plus loin un aspect

conglomératique en se chargeant d'éléments disloqués de cornéennes litées tachetées, celles-ci devenant de moins en moins perturbées et plissotées pour atteindre leur texture régulière intacte à près de 100 m du granite ;

— le long de ces deux tronçons le contact est sub-vertical et à peu près rectiligne sauf petits décrochements postérieurs ; les cornéennes de bordure forment toujours un relief net, un bourrelet de collines allongées dominant le massif granitique et le Briovérien ;

— au Sud-Ouest de l'entrée du Couesnon dans le massif, le contour de celui-ci est tantôt du premier, tantôt du second type, le contact n'a pu être observé avec précision ;

— à la charnière des deux types de contour, au Nord immédiat de Fougères, entre le Nancon et Lécousse, le tracé du contact est très indented ; quand il n'est pas faillé par la suite, on peut observer une terminaison nord des cornéennes en lambeaux en forme de coins verticaux flottant sur la granodiorite. La zone de mélange paraît étroite ; l'élargissement de l'auréole des cornéennes au niveau de Fougères, sensible même jusque près de Romagné, peut être dû à une disposition tectonique en gradins, s'atténuant vers le Sud-Ouest, la transition avec le type Est est au contraire brutale.

● **Relations entre les deux granodiorites.** L'observation à l'affleurement du contact entre les deux granodiorites n'a pas été possible, tout au plus a-t-il pu être estimé, dans les meilleurs cas, à deux ou trois dizaines de mètres près et son tracé apparaît alors très sinueux. Il faut bien garder à l'esprit que la limite dessinée correspond à la limite d'observation macroscopique de la cordiérite, dans les conditions moyennes d'affleurement (boules éparses). Il est très possible que lorsque la cordiérite est présente en petite quantité près du faciès à biotite, elle ne soit pas ou rarement repérée, d'où la figuration du contact par un tracé moyen de passage progressif.

On remarquera que toutes les carrières actuellement exploitées pour la pierre de taille sont situées dans la granodiorite à biotite seule et que les carrières ouvertes dans le faciès à cordiérite (20 % des anciennes carrières) n'ont jamais eu d'extension importante. Ceci est à mettre en liaison avec l'altérabilité différentielle des deux faciès. Toutefois on constate que la granodiorite à cordiérite affleure mieux à proximité (hectométrique) du contact avec l'autre faciès, donnant des boules généralement plus petites que celles qui résultent de l'altération de celui-ci. Le paysage tourmenté à petites collines abruptes, qui sont chacune un groupe d'énormes boules de granodiorite à biotite, s'oppose au relief plus mou résultant de l'altération du faciès à cordiérite.

● **Leucogranites, aplites, pegmatites.** Des filons d'aplite de puissance décimétrique et d'extension kilométrique sont intrusifs dans les deux faciès de granodiorite. Ils montrent des directions variées (trois principales N—S, N 160° E, E—W), sont parfois associés aux filons de quartz ou localisés dans une zone kilométrique à cheval sur la limite des deux faciès. Seul un petit chevelu atteint et pénètre les cornéennes à proximité du contact.

Quelques petits corps filoniens leucogranitiques à grain plus grossier sont à noter dans la partie sud-ouest du massif ; le plus important se trouve près de la carrière du moulin de Thouru, intrusif dans la granodiorite à cordiérite.



## Étude pétrographique

Elle a porté sur l'étude de lames minces provenant des deux faciès granodioritiques et des filons.

• **La granodiorite à biotite seule** montre une texture hypidiomorphe grenue. Sa composition minéralogique, donnée par la moyenne calculée à partir de vingt analyses modales (1 100 à 1 600 points chacune), est la suivante :

Quartz .....	27,7 % (22 à 38 %)
Feldspaths alcalins (+ albite et myrmékite).....	17,0 % ( 9 à 26 %)
Plagioclase.....	37,5 % (30 à 45 %)
Biotite (+ chlorite) .....	16,5 % (10 à 25 %)
Divers .....	1,3 %
	<hr/> 100,0 %

(Divers : apatite, zircon, opaques, épidote, sphène, tourmaline).

On remarque l'hétérogénéité existant à l'échelle de l'échantillon de la taille de la lame mince. Cette composition minéralogique reflète un mode granodioritique, le rapport plagioclase sur feldspath total étant de 68,8 %.

Il convient toutefois de remarquer que cette composition n'est pas très éloignée de celle d'un granite monzonitique puisque la classification de IUGS (Streckeisen) situe la limite granodiorite—granite monzonitique à une valeur de 65 % pour le rapport plagioclase sur feldspath total.

Le quartz apparaît en plages souvent globuleuses (1 à 4 mm) poly- ou monocristallines, qui montrent une légère extinction onduleuse. Certains individus inclus dans les feldspaths alcalins sont idiomorphes.

Le feldspath alcalin est en plages xénomorphes, souvent interstitielles, englobant quartz, plagioclase et biotite. Les caractères observés au microscope polarisant indiquent qu'il s'agit vraisemblablement d'un feldspath intermédiaire faiblement triclinique ; le quadrillage typique du microcline n'apparaît que très rarement et est toujours en relation spatiale avec d'importantes perthites albitiques en veines ou taches. Les *film perthites* coexistent avec les formes en veines et taches qui les pseudomorphosent fréquemment. D'importants phénomènes de myrmékisation apparaissent au niveau du contact feldspath alcalin—plagioclase.

Le plagioclase, en cristaux automorphes trapus (0,5 à 5 mm), montre des macles polysynthétiques. Le zonage, assez net, est oscillatoire et progressif ; il fait passer d'un cœur d'andésine (An 40) à une bordure d'oligoclase basique (An 25). Les cristaux sont généralement corrodés et frangés par un liséré albitique. La séricitisation est irrégulière, souvent plus intense au niveau du cœur calcique des cristaux. Les inclusions sont rares (biotite, apatite, zircon, opaques).

La biotite est en lamelles automorphes montrant des faces (001) hexagonales. Pléochroïque de beige clair à marron-brun, elle inclut des zircons entourés d'une large auréole pléochroïque et des minéraux opaques souvent automorphes (sulfures et oxydes). Il est fréquent que des fuseaux d'épidote se disposent dans les cliques des biotites. La chloritisation, peu intense (sauf dans des faciès hydrothermalisés et cataclasés), s'accompagne de l'exsolution de minéraux opaques et de sphène.

L'apatite, le plus abondant des minéraux accessoires, est en baguettes prismatiques à section hexagonale.

Le zircon est assez abondant surtout localisé dans les biotites.

Les opaques (sulfures, oxydes) sont fréquemment automorphes, associés ou inclus dans la biotite.

La tourmaline, très colorée (vert clair à jaune orangé) n'apparaît que très rarement, souvent en liaison avec des restites surmicacées hyperalumineuses.

• **La granodiorite à biotite et cordiérite**, de texture hypidiomorphe grenue, montre une composition minéralogique (calculée à partir de neuf analyses modales), qui diffère de celle de la granodiorite à biotite seule :

Quartz . . . . .	27,8 % (19 à 34 %)
Feldspath alcalin (+ myrmékite et albite) . . . . .	11,4 % ( 4 à 22 %)
Plagioclase . . . . .	34,2 % (28 à 38 %)
Biotite (+ chlorite) . . . . .	12,7 % ( 8 à 16 %)
Cordiérite . . . . .	7,6 % ( 3 à 13 %)
Muscovite . . . . .	4,5 % ( 0,5 à 7 %)
Divers . . . . .	1,8 %
	<hr/> 100,0 %

(Divers : apatite, zircon, opaques, épidote, sphène).

Il s'agit d'un mode nettement granodioritique, le rapport plagioclase sur feldspath total étant de 75 %.

La granodiorite à biotite et cordiérite se différencie de la granodiorite à biotite seule par la présence de cordiérite et par la quantité nettement inférieure de feldspath alcalin.

La cordiérite, en cristaux prismatiques (1 à 4 mm), est généralement pinitisée et/ou muscovitisée (de grandes lames de muscovite se développent à partir des fantômes de cordiérite). La cordiérite inclut fréquemment des gouttelettes de quartz et des lamelles de biotite.

La muscovite apparaît aussi en lames indépendantes ou interstratifiées avec la biotite ; souvent on observe aussi de la muscovite qui se développe au niveau des feldspaths alcalins.

Le plagioclase zoné est plus acide que dans la granodiorite à biotite seule : An 22 à An 34. Ceci fait apparaître un excès d'alumine entraînant la cristallisation de la cordiérite.

• **Les enclaves des granodiorites**. Trois types d'enclaves communes aux granodiorites ont été observés :

- les enclaves microgrenues sombres,
  - les enclaves d'origine métamorphique,
  - les enclaves monominérales.
- *Les enclaves microgrenues sombres* ont une texture à tendance doléritique (microlattes de plagioclase entrecroisées) et montrent des compositions de microdiorite quartzique :
- quartz xénomorphe moulant les autres minéraux ;
  - andésine (An 35—45) en lattes automorphes ou sub-automorphes, souvent corrodées par un liséré plus acide. Selon les échantillons le plagioclase est plus ou moins séricitisé et saussuritisé ;
  - biotite plus ou moins chloritisée ;

- apatite finement aciculaire ;
- opaques ;
- zircon inclus dans les biotites.

— *Les enclaves d'origine métamorphique.* Les enclaves surmicacées et alumineuses montrent dans un fond de cordiérite une trame orientée constituée par des lamelles de biotite, des aiguilles de sillimanite et parfois des muscovites. Selon les échantillons, la trame micacée est dominante ou au contraire la cordiérite est le minéral principal.

— *Les enclaves monominérales,* en dehors du quartz, sont représentées par des monocristaux de sillimanite, de taille centimétrique (0,5 à 2 cm), entourés par une auréole de cordiérite et de spinelle vert en association symplectique.

• **Les corps intrusifs** (aplités, leucogranites aplitiques et pegmatites). Ces roches sont d'une grande variabilité de texture (aplitique, hypidiomorphe grenue, cloisonnée avec albite inter-granulaire, micropegmatitique, associant le quartz et le feldspath alcalin, et graphique) ; par contre, du point de vue minéralogique, elles se caractérisent par le fait que quartz, feldspath alcalin et albite représentent plus de 90 % du total des minéraux.

Le quartz et le feldspath alcalin, perthitique (veines, taches et film) sont généralement dominants. L'albite (An 5—An 10) est présente en quantité variable : tantôt elle forme une trame inter-granulaire, tantôt elle s'individualise en cristaux subautomorphes. La muscovite est en lamelles automorphes, groupées en (palme), ou en lamelles blastiques. La biotite est toujours chloritisée. La cordiérite peut être présente en cristaux prismatiques ou en plages amiboïdes poecililitiques. Elle est toujours pinitisée ou muscovitisée. La tourmaline est omniprésente en baguettes aciculaires.

## Étude géochimique

Elle a porté sur 29 échantillons : 18 de granodiorite à biotite seule, 11 du faciès à cordiérite. Leurs compositions moyennes en éléments majeurs, dosés par les procédés chimiques classiques, sont données en annexe à cette notice.

Au niveau de ces résultats bruts, il est possible de remarquer que :

- les teneurs en chaux sont faibles pour des granodiorites, le faciès à cordiérite se différenciant nettement par son caractère hypocalcique et hyposodique ;
- le fer et le magnésium sont abondants, la granodiorite à cordiérite se caractérisant par une plus grande abondance en Mg ;
- la richesse en soufre de ces granodiorites est tout à fait inhabituelle pour ce type de roches et le faciès à cordiérite en contient deux fois plus que l'autre ;
- la teneur importante en  $H_2O^+$  du faciès à cordiérite est à mettre en relation avec l'altérabilité de la cordiérite.

L'étude géochimique permet de bien caractériser les deux faciès :

- la granodiorite à biotite montre un chimisme intermédiaire entre le pôle granodioritique et celui des granites monzonitiques, sa richesse en Fe et Mg explique le mode granodioritique ;
- la granodiorite à cordiérite a une composition de granite monzonitique qui s'oppose à un mode granodioritique net, conditionné par la richesse en Fe et Mg et par l'existence de muscovite secondaire.

Du point de vue génétique, la granodiorite à biotite paraît être le produit d'une évolution magmatique calco-alcaline banale. Par contre la granodiorite à cordiérite montre des compositions qui s'écartent nettement des granites communs et de la lignée calco-alcaline. L'hypothèse d'un magma identique pour les deux granodiorites paraissant très probable et le cas d'une évolution purement magmatique de l'une à l'autre étant exclu par l'étude géochimique, la solution d'une hybridation des magmas par assimilation de matériel sédimentaire (ou métasédimentaire) semble logique.

### Étude géochronologique

● **Granodiorites.** Les résultats géochronologiques publiés dans la littérature à propos du batholite manceau dans son ensemble, ou de l'un des massifs qui le constituent, se dispersent entre 470 M.A. et 630 M.A., sans qu'un maximum très net ne se dégage. Ils proviennent de méthodes diverses sur des minéraux ou des roches totales de massifs et/ou de types pétrographiques variés.

Le début du Cambrien, dont le poudingue de base a été observé reposant sur plusieurs éléments du batholite (Normandie et Maine), a été fixé à 570 M.A. d'après les premiers de ces travaux radiométriques (Phanerozoic Time Scale, 1964). Les plus récents (Jonin et Vidal, 1975) donnent un âge de mise en place de  $596 \pm 12$  M.A. avec un rapport initial de  $0,7025 \pm 0,0004$ .

Cet âge obtenu sur le massif de Vire-Carolles a été étendu à l'ensemble du batholite par le report, apparemment concordant, de données isotopiques provenant des différents massifs granodioritiques, sur l'isochrone Rb/Sr roche totale obtenue pour le massif de Vire-Carolles.

Le rapport isotopique initial indiquerait une origine strictement mantélique des magmas granodioritiques ; cependant l'existence de minéraux alumineux (cordiérite) et de restites schisteuses ou gneissiques serait en faveur d'une contamination crustale partielle.

● **Leucogranites.** Jonin et Vidal (1975) ont obtenu sur des leucogranites (dont une pegmatite du massif de Fougères) un âge de  $507 \pm 6$  M.A. avec un rapport  $87 \text{ Sr}/86 \text{ Sr}$  initial de  $0,716 \pm 0,002$  ; ce rapport élevé indique une origine franchement crustale pour cet épisode magmatique postérieur à la mise en place des granodiorites.

### Petits massifs et corps filoniens du quart sud-est

L'auréole de schistes tachetés briovériens du massif de Fougères se poursuit sans discontinuité vers le coin sud-est de la feuille, puis y dessine un grand lobe vers le Nord-Ouest, enveloppant de petits massifs de roches granitoïdes variées pointant dans leur auréole plus interne de cornéennes. Des roches microgrenues à gisement filonien recoupent le tout. Ces petits corps sont les manifestations visibles d'un lobe du batholite manceau de même orientation que le massif de Fougères mais que l'érosion n'a pas encore fait affleurer dans son ensemble. On y trouve, de ce fait, des faciès apicaux inconnus ailleurs, le tout étant morcelé par un style tectonique en dômes et bassins qui contribue à déterminer le relief accidenté de la région. La gravimétrie et le magnétisme aéroporté confirment cette description.

$\gamma_a^4$ . **Granodiorite à hornblende des Epronnières.** De gisement allongé sur environ  $4 \times 2$  km autour de l'étang des Epronnières, avec un grand axe SW—NE, le massif donne un relief en creux dominé par sa couronne de cornéennes, surtout nette le long de la bordure nord-ouest. La roche est largement arénisée, avec quelques boules éparses. Sauf à l'Ouest, le contact est avec le Briovérien ; l'auréole de cornéennes témoigne de la nature intrusive de ce contact, non observé. A l'Ouest, une zone faillée N—S avec quartz et lambeaux de cornéennes semble séparer le massif de la granodiorite des Hurlières.

La roche est claire, homogène, à grain moyen constant, à texture isogranulaire équante ; on y voit moins de quartz que dans la granodiorite à biotite et on distingue une amphibole sombre à côté de la biotite. Des enclaves sombres microgrenues y sont peu fréquentes.

De texture hypidiomorphe grenue, cette roche, riche en éléments blancs, a une composition de granodiorite avec une tendance vers la diorite quartzique par la faible proportion du quartz et la très large prédominance du plagioclase (oligoclase zoné) subautomorphe sur le feldspath potassique interstitiel. A côté de la biotite plus ou moins chloritisée on trouve hornblende verte, épidote, sphène et zircon.

L'analyse chimique des éléments majeurs (*cf.* tableau en annexe) confirme la classification de cette granodiorite à nette tendance quartzo-dioritique, mais voisine sur certains diagrammes de la granodiorite à biotite seule. Des faciès à amphibole sont connus ailleurs dans le batholite manceau.

$\gamma_c^4$ . **Granodiorite à cordiérite des Hurlières.** Ce petit massif, qui jouxte celui des Epronnières et paraît se télescoper contre le gros filon de quartz du Saut-Roland, n'influence guère le modelé du relief gouverné ici par les roches plus dures, cornéennes et quartz, qui l'encadrent. Les pointements rocheux et anciennes petites carrières sont assez fréquents ; ailleurs la roche est altérée en arène rougeâtre, sans boules. Au Nord-Est et au Sud-Ouest la granodiorite est intrusive dans le Briovérien ; les schistes tachetés cornéifiés sont injectés de filonnets granitiques ou en panneaux enclavés dans une zone de quelques dizaines de mètres de largeur au pourtour du massif. Au Nord-Ouest le massif et, semble-t-il, les cornéennes sont limités par la zone faillée du filon de quartz du Saut-Roland ; le contact direct avec ce filon n'est pas certain ; on a même observé un contact par faille contre la granodiorite et des schistes seulement tachetés quelques mètres au Sud du filon. Un petit pointement de roche identique, très altérée, au Nord-Est de l'étang de Châtillon est sans doute l'indice d'un massif masqué plus important si l'on considère la zone de cornéennes qu'il crée.

La roche est sombre, à grain moyen avec de petits porphyroblastes de feldspath qui ressortent dans un ensemble assez confus de micas, enclaves mica-cées sombres et grosses plages de quartz. C'est un faciès très voisin de celui des granodiorites à cordiérite type Vire près de leur toit.

La texture hypidiomorphe grenue devient localement porphyrique, la composition granodioritique. Le quartz s'y trouve en grandes plages avec oligoclase sub- à automorphe, feldspath potassique peu fréquent, cordiérite altérée, biotite chloritisée avec apatite et rutilé plus abondante que la muscovite. On note toujours une cataclase plus ou moins accusée.

L'analyse chimique des éléments majeurs (*cf.* tableau) confirme que cette roche peut être groupée avec les granodiorites à cordiérite du massif de Fougères : dans tous les diagrammes les points représentatifs sont voisins.

$\gamma_m^3$ . **Granite à deux micas de Dompierre.** Le massif granitique, qui forme une grosse colline au Nord-Ouest de Dompierre-du-Chemin, couvre une surface à peu près carrée de 1 500 m de côté, de forme compliquée dans le détail. Il domine en partie sa couronne de schistes tachetés cornéifiés dans lesquels il montre un contact intrusif avec bouffées et chevelu de granite ou plus loin d'aplite et pegmatite. Au milieu et au sommet du massif on trouve sur 500 m  $\times$  250 m un faciès plus fin et dur, également représenté ailleurs, dans la moitié nord du massif, par des filons plus petits, ou près des contacts ; c'est surtout lui qui a fait naguère l'objet d'exploitations en carrières. Une cataclase accompagnée de profonde altération argileuse et de brèche quartzreuse est à signaler le long des nombreux accidents qui affectent le massif, surtout au Sud-Ouest.

La roche, à grain moyen à gros, assez homogène, riche en feldspath et quartz mais assez sombre du fait de l'abondance des amas et enclaves micacés, est caractérisée par la présence de beaucoup de muscovite qui donne aux plages sombres qui la contiennent un éclat particulier. Le faciès fin est gris, porphyrique, avec enclaves micacées.

Le faciès normal est hypidiomorphe grenu, avec un mode de granite monzonitique à quartz et feldspath potassique perthitique en grosses plages, plagioclase automorphe subordonné, biotite et muscovite en quantité équivalente en grands cristaux ou groupements de plus petits, des plages surmicacées qui pourraient être d'anciennes cordiérites, apatite, zircon, ilménite—leucoxène.

Dans le faciès fin porphyrique un fond grenu aplitique quartzo-feldspathique, avec fréquentes associations micropegmatitiques, contient des porphyroblastes des divers constituants, avec biotite, muscovite, plages surmicacées et minéraux accessoires comme le faciès normal ; les faciès de bordure, de texture intermédiaire, contiennent beaucoup de tourmaline.

L'analyse chimique des majeurs confirme la classification modale ; la comparaison avec les autres granitoïdes de la région ne montre pas d'affinités évidentes. Sur certains diagrammes, cette roche se trouve à la limite du groupement des granodiorites à cordiérite ou dans leur prolongement du côté des leucogranites. Il pourrait s'agir d'une granodiorite à cordiérite ayant subi un enrichissement ultérieur en silice et potassium par métasomatose ou bien pneumatolyse qui s'accorderait assez bien avec l'abondance locale de la tourmaline ou de la muscovite.

$\gamma_m^2$ . **Granite-greisen de Montbelleux et apalte à cassitérite** ( $\gamma_m^2$ ). La colline de Montbelleux (\*) est formée par un corps de leucogranite aplitique allongé SW—NE dans une petite auréole de schistes tachetés cornéifiés et localement tourmalinisés. Ce leucogranite est partiellement transformé en greisen qui, à côté du quartz et de la muscovite, peut contenir topaze, fluorine, cassitérite, wolfram. Ces minéraux existent aussi dans un faisceau de filons de quartz de même orientation. L'ensemble a été exploré pour cassitérite et wolfram (cf. Ressources du sous-sol). Cette greisénisation est peut-être un phénomène d'âge et de nature voisins de la transformation du granite de Dompierre, un âge à  $450 \pm 20$  M.A. a été donné au leucogranite de Montbelleux (Leutwein, 1968).

Des filons d'apalte à cassitérite ont été observés au cours des prospections minières au Sud-Ouest de Montbelleux, sur la butte de Van Houdin. Sur cette butte et alentour affleurent des schistes tachetés cornéifiés formant une zone

---

(\*) ou Montbelleux.

fermée ; les filons d'aplite sont sans doute les manifestations apicales d'une masse granitique plus importante sous-jacente. La même observation s'applique à la butte de Mué plus au Nord-Ouest, constituée de cornéennes et où une aplite à traces de cassitérite a été également trouvée en prospection.

$\gamma_m^2$ . **Granite à grain fin porphyrique à muscovite.** Sur la butte de Villeray, deux (?) petits corps de roche microgrenue claire, parallèles, allongés W.SW—E.NE sont intrusifs dans les sédiments briovériens sans thermométamorphisme notable. La texture microscopique est finement grenue avec petits porphyroblastes de plagioclase et de quartz, muscovite abondante. Cette roche contient du wolfram et une minéralisation sulfurée à pyrite, chalcopyrite, mispickel, blende, galène, molybdénite et pyrrotine. Elle a été datée  $460 \pm 20$  M.A. (Leutwein, 1968).

$\gamma_b^4$ . **Granodiorite à grain fin à biotite.** Les roches qui constituent deux petits corps intrusifs isolés répondent à cette définition tout en étant assez différents. Dans le massif des Epronnières à la Garde en Princé, un filon N.NW—S.SE dans la granodiorite à hornblende est une granodiorite à texture hypidiomorphe finement grenue à tendance porphyrique, avec grands plagioclases subautomorphes zonés, feldspath potassique, biotite.

Au Sud de Luitré, sur la butte des Rochers, un petit corps, sans influence évidente sur le Briovérien encaissant, est visible, à la limite de l'auréole des schistes tachetés. La roche est hypidiomorphe très finement grenue, riche en biotite, à rares plagioclases mieux développés et feldspath potassique rare.

Ces roches représentent probablement des faciès apicaux des granodiorites à biotite, intermédiaires entre ceux-ci et les microgranites.

$\mu\gamma$ . **Microgranites.** Plusieurs corps microgranitiques, en gisement déca- à hectométriques de grand axe SW—NE ont été cartographiés, en place dans le Briovérien sans thermométamorphisme particulier.

Au Nord-Est de Parcé, la roche, claire, contient, dans une mésostase fine à myrmékite et micropegmatite riche en muscovite, de gros et nombreux porphyroblastes de quartz, plagioclase, feldspath potassique, biotite, zircon.

Sur la butte du Ray, ainsi qu'au Sud-Ouest près de la cote 147, deux pointements microgranitiques se trouvent dans les schistes tachetés cornéifiés briovériens dont un massif granitique sous-jacent est responsable. La roche, claire, a une pâte plus finement grenue sans figures réactionnelles, muscovite plus rare, les porphyroblastes sont moins gros qu'à Parcé et on n'y voit pas de feldspath potassique ; la composition est plus granodioritique.

Un filon a été dessiné au Nord-Est et à proximité du massif de Dompierre, c'est une représentation synthétique pour indiquer la présence de filons métriques dans ce secteur.

$\mu\delta$ . **Microdiorites quartziques.** Des filons métriques ou plurimétriques de roches microgrenues assez claires, porphyriques ou non ont été rencontrés dans le secteur au Nord-Est du massif de Dompierre et surtout de Luitré et dans le massif des Epronnières. Ces roches se sont révélées de composition plus basique que les microgranites. Elles n'ont aucun effet sur l'encaissant.

La mésostase, microgrenue à microlithique, comprend quartz, plagioclase en baguettes, chlorite ; les porphyroblastes en quantité et de dimensions diverses sont surtout plagioclase, biotite, quartz plus rare, trémolite aciculaire dans le filon de la Micaudière, sphène, apatite, épidote.

#### ROCHES FILONNIENNES D'ÂGES DIVERS

Q. **Quartz.** Un grand nombre de filons de quartz de puissance et de continuité très diverses ont pris place dans des fissures du vieux craton briovérien—cadomien au cours de son histoire ; les dernières phases ont aussi affecté le Paléozoïque au Sud-Ouest ; les plus importants de ces filons ressortent bien dans la morphologie car ils forment des reliefs allongés très nets, d'autres ne sont connus que par leurs blocs épars.

Dans le massif de Fougères on en trouve une forte densité dans une zone comprise entre Saint-Germain-en-Coglès, l'entrée du Couesnon dans le massif, Mézières-sur-Couesnon et Saint-Brice-en-Coglès, où ils sont orientés N 30° E à N 150° E et certains N 110° à 130° E au Sud-Ouest ; les pendages sont subverticaux. Ils peuvent atteindre une puissance de 40 m comme celui qui traverse presque tout le massif du côté est de la zone ci-dessus délimitée.

Trois autres alignements isolés, N—S et N 150° E sont connus dans la moitié est du massif dont celui de la forêt de Fougères. Le quartz est laiteux ou grisâtre, peu minéralisé, parfois bréchiq. Ces filons peuvent être d'âges divers, ceux associés spatialement avec des aplites étant probablement les plus anciens.

Dans le Briovérien et les petits massifs du Sud-Est, les filons de quartz sont très abondants au Sud d'une ligne Luitré—Javené—le Couesnon vers l'aval. Les plus fréquents sont orientés N 30° E à N 150° E et très souvent N—S ; des minéralisations en or et sulfures y sont connues même dans les Grès armoricains où ils sont en *stockwerk* de filonnets en relation avec les fractures de même direction qui décrochent la bordure des terrains paléozoïques. Dans le secteur sud-est s'y ajoutent des filons de direction SW—NE également à or et sulfures, ou bien reprenant les minéralisations stannowolframifères contenues dans les granitoïdes. Tous ces filons sont de quartz à éclat gras et taches ferrugineuses. Des filons N—S de quartz (froid) en peigne, stériles, paraissent postérieurs.

Le gros dyke du Saut-Roland, N 40° E, puissant de 30 m et que l'on suit ici pendant 8 km, est de quartz diversement teinté, pyriteux, souvent bréchiq. ; il jalonne un accident tectonique qui a dû rejouer plusieurs fois et est généralement tronçonné par des fractures et filons N—S.

ε. **Dolérite.** Un grand filon, de puissance décamétrique, disposé irrégulièrement en échelons, d'orientation générale N 160° à 170° E, recoupe le massif de Fougères sur toute sa largeur au Nord de la Chapelle-Saint-Aubert ; il a été retrouvé en plusieurs points dans le Briovérien plus au Sud. Un autre filon moins important, au Nord de la Chapelle-Janson, est orienté N 140° E : il recoupe granodiorite et Briovérien près de la carrière de Pilet.



La roche, noir verdâtre, à grain fin à moyen, homogène, dure, se débite en boules de petite taille et s'altère en un produit argileux rouge-violet.

La texture est diabaso- à granulo-ophitique, avec plagioclase, clinopyroxène, quartz, amphibole, opaques, sphène, apatite, épidote, calcite, séricite. Le plagioclase (labrador An 52—55) est en lattes zonées qui constituent un treillis ; l'altération complexe allie séricitisation et saussuritisation. Le clinopyroxène, peu coloré (jaunâtre), de taille variable, se dispose entre les lattes ; son altération irrégulière, peu importante se fait en deux stades : ouralitisation par une amphibole pâle, transformation de cette amphibole en chlorite—épidote—sphène—calcite. Du quartz existe en petits grains, très déformés. Les opaques, très abondants, sont des oxydes automorphes (magnétite, titanomagnétite—leucoxène) et des sulfures en traînées diffuses. Le sphène losangique et l'apatite aciculaire sont observés.

Ces filons de dolérite, connus dans tout le Nord du Massif armoricain, sont réputés post-dévonien et anté-hercynien.

#### FORMATIONS PALÉOZOÏQUES

Les terrains paléozoïques ne sont représentés que dans le quart sud-ouest de la feuille. Il s'agit exclusivement des formations ordoviciennes et siluriennes du synclinal de la lande d'Ouéé. Avec le synclinal de Liffré, cette unité structurale constitue le synclinorium de Ménez-Bélaïr, partie centrale du synclinorium médian armoricain.

**o2a. Formation du Grès armoricain : Arenig inférieur ou moyen** (puissance environ 50 m). Cette formation se marque parfaitement dans la topographie. Sur le flanc nord du synclinal, elle arme les crêtes boisées de la forêt de Haute-Sève, des bois et lande de Rumignon, et se poursuit, toujours en direction E—W, le long de l'apophyse de Combourtillé. Le pendage des couches est relativement faible (0 à 60° vers le Sud), c'est ce qui explique la largeur parfois importante de cette bande gréseuse qui, à la faveur de petites ondulations et de la tectonique cassante, a donné la butte-témoin de l'Ecottais, située au Nord-Ouest de l'éperon de Grès armoricain de Montreuil-des-Landes.

Sur le flanc sud du synclinal de la lande d'Ouéé, la Formation du Grès armoricain, légèrement déversée vers le Nord, constitue également une ligne de crête, disloquée par de nombreuses fractures, mais grossièrement orientée N 120° E.

Malgré l'existence d'excavations, d'anciennes carrières et d'affleurements naturels jalonnant la formation, il est difficile de reconstituer la succession lithologique complète. Aucun affleurement n'expose en particulier les contacts de cette formation avec le Briovérien sous-jacent ou avec la Formation d'Andouillé, qui lui succède directement. Aucune variation de puissance significative n'a été relevée entre le Grès armoricain du flanc nord et celui du flanc sud du synclinal de la lande d'Ouéé.

• *Lithologie.* Il semble que la formation débute par un conglomérat à galets de quartz centimétriques (blocs épars dans les éboulis du bois de Rumignon et des

environs des Bouillons). Au-dessus se développe une masse essentiellement quartziteuse, en bancs métriques à plurimétriques. Des niveaux de grès plus fins, micacés, prennent place dans la succession. Par contre les interlits argileux sont inexistantes ou très rares dans la majeure partie de la formation (carrière des Hautes-Cours, tranchées de la nationale 12 et Rochers de Bécherel, près de Saint-Aubin-du-Cormier ; carrières de Bouchard et de Hurbize, à l'Ouest des bois et lande de Rumignon ; carrière de la Roche, au Sud de Combourtille ; carrières de la Mézeraye, du Court Chaîné, de Malnoé et du Point du Jour à l'Ouest et au Sud de Montreuil-des-Landes). La partie supérieure de la formation, où l'on note un développement de bancs de *siltstones* micacés et de *mudstones* noirs, associés à de petits bancs centimétriques de grès grossiers ou même microconglomératiques, n'est exposée qu'au sommet du front de taille sud de la carrière de Hautes-Cours. Les figures sédimentaires sont assez rares dans la masse quartziteuse. Localement on distingue cependant des *ripple-marks*, des stratifications obliques ou encore des films de vannage de minéraux lourds. Ceux-ci conduisent à imaginer une position littorale (parfois tidale) pour la mise en place de ces dépôts.

● *Faune, traces fossiles et attribution stratigraphique.* Comme c'est généralement le cas dans la Formation du Grès armoricain, la macrofaune est ici très rare. Il s'agit pour l'essentiel de Brachiopodes inarticulés (*Lingulidae*), le plus souvent fragmentés. Les niveaux argileux de la partie supérieure de la formation (carrière des Hautes-Cours) ont par contre livré des microfossiles organiques. Ces Acritarches et Chitinozoaires sont assez mal conservés mais la présence de *Eremochitina baculata brevis*, Chitinozoaire connu dans l'Arenig inférieur et moyen, permet de dater la partie supérieure de la formation. Ainsi, comme dans de nombreuses autres localités armoricaines, les Grès armoricains du synclinal de la lande d'Ouée ne dépassent pas l'Arenig moyen.

Les Ichnofossiles sont localement abondants à divers niveaux dans la formation. Il s'agit de quelques *Cruziana*, observés dans les éboulis de la forêt de Haute-Sève et des Scolithes, nombreux dans les bancs affleurant sur le côté nord de la D 105, à la Retaudière (Sud de Saint-Georges-de-Chesné). Quelques *Vexylum* ont d'une part été observés dans les carrières situées au Nord-Est du château de Malnoé. Enfin, à la surface des bancs de grès grossiers, alternant avec des niveaux silteux au sommet de la succession exposée dans la carrière des Hautes-Cours, on distingue de nombreux *Isopodichnus*. Tous ces Ichnofossiles sont habituels de la Formation du Grès armoricain.

**o2b-5a. Formation d'Andouillé : Arenig moyen ?—Caradoc inférieur** (puissance comprise entre 150 et 200 m environ). Définie sur le flanc nord du synclinorium de Laval aux environs d'Andouillé (53), elle correspond aux schistes à Calymènes des anciens auteurs. Cette formation affleure particulièrement mal sur le territoire de la feuille. Des éboulis et des formations superficielles dépassant parfois 10 mètres d'épaisseur (sondages au Sud des Aunays) masquent le plus souvent cet ensemble de *siltstones* et de *mudstones* noirs. La formation d'Andouillé occupe les dépressions entre les hauteurs constituées par les Grès armoricains et les Grès de Saint-Germain-sur-Ille.

Sur le flanc nord du synclinal de la lande d'Ouée, quelques affleurements ponctuels apparaissent aux environs de Moroval et à l'Ouest du bois d'Uzel. Ces *siltstones* noirs, à petits filonnets de quartz, ont été traversés sur plus de 50 m par les sondages au Sud des Aunays. Quelques dalles éparses de *siltstones* grossiers existent enfin aux environs du Point du Jour (Sud-Ouest de Montreuil-des-Landes).

Au cœur du synclinal de la lande d'Ouée, le long du ruisseau de la Saudraie, un repli anticlinal fait affleurer la partie supérieure de la Formation d'Andouillé. Sur le flanc sud du synclinal, les *siltstones* noirs apparaissent également le long du chemin qui descend de la crête de Grès armoricains, vers le village de la Vallée.

Il semble qu'un niveau ferrugineux existe à la partie inférieure de la formation (Nord du ruisseau de Moroval). De tels bancs ferrugineux oolithiques, situés dans les premiers mètres de la Formation d'Andouillé, sont fréquents dans tout le synclinorium du Ménez-Bélaïr.

● *Faunes et attribution stratigraphique.* Quelques Tribolites (*Neseuretus tristani* Brongniart, *Plaesiacomia œhlerti* Kerforne...), des Brachiopodes (*Heterorthis* sp.), des Bivalves, des Ostracodes... ont été recueillis dans un champ, au Sud du ruisseau de Moroval (Nord-Est du camp militaire de la lande d'Ouée). Cette faunule indiquerait le Llandeilo inférieur. Les dalles observées dans des déblais près du Point du Jour livrent également divers fragments de Trilobites et de Bivalves. Les termes inférieurs de la formation n'ont pu être caractérisés paléontologiquement sur le territoire de la feuille et l'on admettra donc, par comparaison avec ce que l'on connaît dans d'autres localités du synclinorium médian, que la sédimentation argileuse de la Formation d'Andouillé débute dans l'Arenig (Arenig moyen ?).

Près de la ferme de la Saudraie (feuille Combourg), juste à la limite ouest de la feuille Fougères, des nodules siliceux provenant du sommet de la Formation d'Andouillé, contiennent des Trilobites (\*) [*Colpocoryphe grandis* (Snajdr), *Dalmanitina* (*Dalmanitina*) sp. aff. *acuta* Hammann] connus dans le Caradoc inférieur. Cette faune fixe ici l'âge du sommet de la Formation d'Andouillé.

**o5b-s3a. Groupe de la Bouexière : Caradoc inférieur—Ludlow ?** (puissance approximative : 200 à 300 m). Comme sur le territoire des feuilles voisines (Rennes et Vitré, à 1/50 000), les conditions d'affleurement ne permettent pas toujours de bien séparer les grès de l'Ordovicien supérieur (Formation de Saint-Germain-sur-Ille) des quartzites et ampélites du Silurien (Formation de la lande Murée). Afin de respecter ces difficultés cartographiques, ces deux formations sont donc parfois réunies au sein d'un même ensemble cartographique : le Groupe de la Bouexière.

**o5b-6. Formation de Saint-Germain-sur-Ille : Caradoc inférieur—Ashgill** (puissance voisine de 200 mètres). Cette formation à dominante gréseuse occupe de larges espaces autour du camp militaire de la lande d'Ouée et forme une bande orientée d'Ouest en Est, du Sud de Saint-Aubin-du-Cormier jusqu'à l'extrémité de l'éperon de Combourtillé. Cette ligne de relief s'infléchit ensuite vers le Sud-Est, en direction de Saint-Christophe-des-Bois (feuille Vitré à 1/50 000). Les pendages restent généralement modérés et ne dépassent guère 50° vers le Sud. Un repli anticlinal, morcelé par diverses failles, provoque la réapparition de la formation au cœur du synclinal de la lande d'Ouée (Bon Air, la Lande-aux-Oiseaux, le Peignerie, la Chupinière...). Sur le flanc sud du synclinal, la succession gréseuse paraît incomplète et se trouve apparemment tronquée par des plans d'écaillages à pendage sud. Bien qu'aucune mesure n'ait pu être réalisée dans ce secteur, il est probable que la Formation du Grès de Saint-Germain-sur-Ille, comme les formations sous-jacentes, y soit légèrement déversée vers le Nord.

---

(\*) Détermination J.-L. Henry.

● *Lithologie.* Cette formation se distingue assez bien des Grès armoricains, notamment par une plus faible granulométrie du matériel. Comme dans la localité type (feuille Combourg à 1/50 000), la succession lithologique comprend diverses variétés d'arénites de teinte beige à grise, souvent riches en micas (quartz-arénites micacées, psammites...). La stratification est toujours bien marquée et les bancs excèdent rarement quelques décimètres d'épaisseur. Localement on reconnaît des bancs quartziteux plus puissants, de teinte sombre et contenant dans la pyrite. Les conditions d'affleurement sont toutefois insuffisantes pour que l'on puisse retrouver tous les faciès habituels de la formation. C'est ainsi que le membre supérieur, à dominante argileuse, n'a pu être observé. Les niveaux de *siltstones* noirs, interstratifiés dans les grès, sont eux-mêmes rarement visibles (carrière de la Chupinière).

La Formation de Saint-Germain-sur-Ille est particulièrement riche en figures sédimentaires (*ripple-marks*, *load cast*, stratifications obliques, structures madrées, chenaux, copeaux et galets argileux remaniés dans les grès...). Des échantillons provenant du camp militaire de la lande d'Ouéé présentent même, sur la surface de stratification, des structures interprétées comme le résultat d'épiginie de cristaux de gypse. L'ensemble de la formation montre des caractéristiques de dépôts réalisés en domaine littoral (et parfois tidal).

● *Faunes, traces fossiles et attribution stratigraphique.* La macrofaune est très rare sur le territoire de la feuille. Seuls quelques anneaux isolés de Trilobites (*Homalonotidae*) ont été signalés dans les anciennes carrières du Sud de Saint-Aubin-du-Cormier (les Gaches, les Bairies...). Les affleurements de la lande d'Ouéé ont d'autre part livré des Ichnofossiles (*Rhusophycus* ?, des traces de type *Monomorphichnus*, des terriers...). Aucun de ces éléments ne fournit d'attribution stratigraphique précise. C'est donc par simple comparaison avec des localités voisines, ayant livré une faune du Caradoc et de l'Ashgill, que l'âge de la formation est proposé.

s1-3a. **Formation de la lande Murée : Llandovery supérieur—Ludlow ?** (puissance de l'ordre de quelques dizaines de mètres). Succédant directement à la Formation de Saint-Germain-sur-Ille, un ensemble de quartzites noirâtres, riches en pyrite et lardés de filonnets de quartz, affleure parfois. C'est le cas par exemple dans une excavation située à la limite ouest de la feuille, près de la Georgeais. Ces quartzites affleurent également et arment la rupture de pente, des Gaches aux Vallées (Sud de Saint-Aubin-du-Cormier), ou encore à la Chupinière. Ils constituent le membre inférieur de la Formation de la lande Murée. L'aspect discontinu de la bande cartographique est lié aux conditions d'affleurement. Il paraît en effet peu probable qu'une lacune sédimentaire de l'ensemble de la formation puisse exister. Par contre, les niveaux ampéliteux (membres moyens et supérieurs), lieu privilégié de décollement, peuvent subir localement une ablation tectonique. Les seuls indices d'ampélites (fragments et nodules fossilifères) ont été reconnus aux environs de la Dictais et de la Chaire (fondations d'une maison).

● *Faunes et attribution stratigraphique.* Les quartzites sont azoïques et seuls les ampélites et les nodules (sphéroïdes) ont livré quelques fragments de *Monograptidae*, des Ostracodes (*Bolbozoe*) et des Bivalves. Par comparaison avec la faune graptolitique connue dans une des carrières de la lande Murée près de Vieux-Vy-sur-Couesnon, sur la feuille Combourg, cette formation s'étend du Llandovery supérieur (sommet de la zone à *Monograptus turriculatus*) jusqu'au

Ludlow. (Les derniers Graptolites connus dans la formation (*M. haupti*) pourraient même indiquer le Pridolien basal).

s3b-4. **Formation du Val : Ludlow ?—Pridolien** (puissance comprise entre 100 et 200 m). Cette formation occupe ici les dépressions synclinales, entre les crêtes gréseuses du Groupe de la Bouexière. Comme pour d'autres formations à dominante argileuse, la Formation du Val affleure mal. Quelques coupes d'une cinquantaine de mètres de long ont toutefois pu être étudiées sur le bord sud du synclinal de la lande d'Ouée (talus de la route entre la Haute Biennais et le Jaunay ; chemin creux à l'Est de la Dictais).

● *Lithologie.* Les coupes continues et les divers pointements schisteux observés au Sud de Saint-Aubin-du-Cormier (vallée du ruisseau de la Biennais et des Vallées) présentent les caractères lithologiques typiques de la formation définie au Nord de Gahard (feuille Combourg). Il s'agit de *siltstones* gris à verdâtres, riches en grosses muscovites flottées (la Haute Biennais), de *siltstones* plus fins ou de *mudstones* noirs (différents toutefois des ampélites véritables). Des bancs irréguliers (centimétriques à décimétriques) de quartz-arénites à *laminae* et des grès psammitiques verdâtres à stratifications entrecroisées, s'intercalent dans la succession, donnant un cachet particulier à cette formation. L'érosion a apparemment éliminé les formations plus récentes et la Formation de Gahard (Dévonien basal), contrairement aux indications fournies par la feuille Laval à 1/80 000, n'a pas pu être identifiée ici.

● *Faunes et attribution stratigraphique.* Sur le territoire de la feuille, la Formation du Val n'a pour l'instant livré aucune macrofaune. Dans les régions voisines (feuille Combourg à 1/50 000) on connaît toutefois quelques gisements à Graptolites et à Crinoïdes du Pridolien.

Des microfossiles organiques (spores, Acritarches et Chitinozoaires) ont été extraits des *mudstones* noirs affleurant dans le chemin creux entre la Dictais et le Désert. Malgré un état de conservation médiocre, vraisemblablement lié à l'altération de la roche, ces microfossiles permettent de fixer un âge pridolien pour ces niveaux.

#### FORMATIONS TERTIAIRES

Les formations postérieures au Paléozoïque reconnues dans le périmètre de la feuille, appartiennent à l'Oligocène, au Miocène, au Pliocène et au Quaternaire.

g1. **Argiles de Landéan : Sannoisien.** Le Bassin oligocène de Landéan, allongé N—S, s'étend pour moitié sur la feuille Saint-Hilaire-du-Harcouët et pour moitié sur la feuille Fougères. Il correspond à une zone déprimée, isolée au centre du massif granitique de Fougères, et dont le fond se trouve à 130 mètres environ ; sa limite sud est constituée par un éperon granitique qui forme une barre franchie en cluse par le Nanson, au défilé de l'Artoire.

Des carrières peu profondes, ouvertes à la fin du siècle dernier, à 400 m à l'Est de l'Artoire, ont fourni une argile verdâtre utilisée comme terre à foulons, mais aucune trace de ces exploitations n'est visible actuellement et les seules données que l'on possède sont celles recueillies lors des sondages effectués entre 1942 et 1947. Deux sondages situés à 150 m au Nord-Est de la Motte ont

été arrêtés, l'un à 21 m dans des argiles plastiques, bleues ou grisâtres, fossilifères, avec lits ligniteux, l'autre à 7 m, dans une argile plus claire, sans fossile, mais renfermant des baguettes de gypse. Des argiles ont également été mises en évidence dans 4 sondages effectués sur la rive droite du Nanson entre le moulin de l'Artoire et la limite de la feuille, mais leur épaisseur est réduite (entre 1 et 3 m). En effet, la surface du socle granitique est très irrégulière dans cette région relativement proche de l'affleurement. A la Motte, le granite n'a pas été atteint. Ces argiles constituées de smectites accompagnées d'une certaine quantité de kaolinite sont, à certains niveaux, riches en Gastéropodes d'eau douce qui ont permis à Rey (1959) de les placer dans l'horizon à Striatelies du Sannoisien (équivalent des Argiles vertes de Romainville du Bassin de Paris). Ces mêmes niveaux renferment également des spores et des pollens (Durand, 1959 ; Ollivier-Pierre, 1979).

**m2a. Faluns silicifiés de la Boyère : Helvétien.** Au hameau de la Boyère (à 9 km à l'Ouest de Fougères, à mi-distance entre Saint-Sauveur-des-Landes et Saint-Hilaire), deux sondages effectués, l'un sur le côté nord de la route, dans une zone déprimée pouvant correspondre à une ancienne carrière et l'autre sur la rive gauche du petit ruisseau qui coule vers le Nord, ont rencontré, le premier sous 8 m de sable et le second sous quelques mètres de limon, une mince couche de falun silicifié reposant sur l'arène. La présence de traces de Bryozoaires a permis d'attribuer ces roches au Savignéen (Durand, 1960). Actuellement, il est encore possible d'observer ces blocs, emballés dans un matériel argileux rouge : certains présentent des perforations et quelques restes de fossiles. En plaque mince, la roche apparaît entièrement silicifiée et seules quelques structures organiques peuvent être discernées.

La limite exacte de cette formation qui n'affleure pas est difficile à déterminer et sa représentation sur la carte n'a pour but que de signaler sa présence.

**p. Sables rouges : Pliocène.** Le Pliocène uniquement représenté par des sables rouges azoïques a été reconnu dans la partie sud de la feuille Fougères, au pied de la falaise constituée par les formations paléozoïques qui dominent la dépression briovérienne dans laquelle coule le Couesnon. Ilaffleure en un certain nombre de points à l'Est de Saint-Aubin-du-Cormier : aux lieux-dits Béche-rel, le Rocher, le Gatz, aux Communaux, les Aulnays, la Belinière, les Bouillons. Des sondages effectués dans le secteur délimité par le Gatz, le Croslais, la Belinière et le tronçon de la D 112 au Sud de la Belinière, ont montré que les schistes briovériens se trouvent à des profondeurs variables (à 8,20 m à l'Est des Aulnays, à 13,80 m immédiatement à l'Ouest, à 31 m à 1 km au Sud de la Croslais). Le Pliocène, dont la plus grande épaisseur reconnue est de 26 m, est surmonté par des argiles plus ou moins sableuses, ocre-rouge, bariolées ou grises, vraisemblablement quaternaires, qui peuvent dépasser 10 m au Sud des Aulnays, mais dont l'épaisseur moyenne est de 5 m environ.

Le sable pliocène, beige très clair à roux, comprenant parfois de petites balles d'argile plus ou moins blanche et de 4 à 5 millimètres de diamètre, est bien classé, en général assez fin (grain moyen aux environs de 300  $\mu$ ) ; il renferme des feldspaths et un cortège de minéraux lourds marqué par des ubiquistes (tourmaline, rutile, zircon) et des minéraux de métamorphisme (staurotite dont de nombreux grains sont cannelés, andalousite, disthène). La fraction fine est composée de kaolinite et d'une argile micacée accompagnée parfois par des traces de pyrophyllite ; dans les échantillons pris à l'affleurement il s'y ajoute un peu de vermiculite.

### FORMATIONS QUATERNAIRES

Tout un ensemble de formations meubles difficiles à dater précisément affleure en de nombreux points du territoire de la feuille.

**A. Argiles rouges à blocs et fragments de roches reposant sur le Briovérien métamorphisé.** Cette formation se rencontre toujours et uniquement sur la zone des cornéennes. L'étude granulométrique montre qu'il s'agit en réalité d'un sable fin, limoneux et argileux ou d'un limon argilo-sableux, mais rarement d'une argile. La fraction fine est toujours constituée par une argile micacée, de la vermiculite, un interstratifié mica-vermiculite, auxquels s'ajoutent de la kaolinite, une chlorite et quelques feuillets gonflants dans certains échantillons. Les blocs et fragments de roches sont de nature variée : quartz, roches métamorphiques, schistes rouges. Ce dépôt rouge à blocs provient en partie au moins de l'altération des cornéennes.

**C A. Argiles bariolées.** Sous ce terme sont regroupés des matériaux de teinte ocre-rouge, ocre-beige ou ocre et gris et qui en réalité sont des sables argileux, plus ou moins limoneux qui se trouvent soit sur le Paléozoïque, soit au pied de la falaise paléozoïque. La fraction fine est constituée d'un mica, de vermiculite, de chlorite avec parfois un peu de kaolinite. Ces matériaux sont le résultat de l'altération des roches au Primaire : certains sont restés en place, entre les bancs ou à la partie supérieure des affleurements, d'autres ont été entraînés sur les pentes et forment des colluvions qui s'étalent plus ou moins loin au Nord de la falaise.

**LP. Limons.** Les limons affleurent en de nombreux points de la zone couverte par la feuille et s'étendent pratiquement sur toute la moitié est, mais il est impossible d'en définir l'extension réelle parce qu'ils sont toujours surmontés par des sols portant une végétation importante. Les limites mentionnées sur la carte ne sont qu'approximatives et correspondent à des zones où ils sont particulièrement bien représentés. Ces limons, argileux le plus souvent, quelquefois légèrement sableux, sont ocre ou beiges. La fraction argileuse qu'ils renferment (de l'ordre de 15 %) est composée d'une argile micacée, de vermiculite et d'interstratifiés, avec parfois quelques feuillets gonflants, auxquels peut s'ajouter de la kaolinite.

**Fz. Alluvions.** La vallée du Couesnon, entre Fougères et Saint-Marc-sur-Couesnon, est assez large et les alluvions occupent tout le lit majeur sans qu'il soit possible de mettre en évidence plusieurs terrasses. Ces alluvions sont représentées par un sable limoneux gris à micas blancs, renfermant des galets de quartz blanc et quelquefois des fragments anguleux de grès. La fraction fine est constituée de mica, de smectite, d'un interstratifié, associés à une petite quantité de kaolinite et de chlorite.

Le cours supérieur de la rivière de Billé est également caractérisé par l'importance des alluvions par rapport à celle du cours d'eau. Il en est de même, plus à l'Est, pour le ruisseau des Marmouilles aboutissant à l'étang de Châtillon et le ruisseau de Champlin (plus de 10 m d'épaisseur d'alluvions fines dans ce dernier).

Dans tous ces cas, cette grande accumulation d'alluvions se produit à l'amont d'un « goulet » d'étranglement correspondant à une barre de Paléozoïque, à un pointement de granite, ou à un filon de quartz.

En l'absence d'exploitation de gravières ou de coupes suffisantes, il n'est pas possible de distinguer plusieurs types d'alluvions. A l'Ouest de Beaucé, au lieu-dit le Bas Loasil, une coupe de 1 m de hauteur permet d'observer des alluvions constituées par des galets de quartz bien roulés, plus ou moins jaunes, emballés dans un sable gris-beige, qui rappellent les sables et graviers de la basse terrasse du cours moyen de la Vilaine.

**Arènes.** L'observation des talus et des carrières montre que les granodiorites du massif de Fougères présentent une altération classique en boules s'accompagnant d'une arénisation d'intensité variable. Ce phénomène, ainsi que le colluvionnement lié au relief, expliquent les variations des épaisseurs d'arène observées (de 0 à 30 m). A l'échelle de la carte, les zones d'arénisation sont irrégulièrement réparties. On remarque en effet que les zones occupées par la granodiorite à cordiérite montrent un relief peu accusé, aux courbes douces ; les affleurements y sont rares et la roche généralement altérée. L'altérabilité différentielle des deux faciès de granodiorite peut expliquer ce phénomène.

## PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

### MÉTAMORPHISME

*Le métamorphisme régional* des formations briovériennes est faible, à peine épizonal ; leurs caractères sédimentaires sont bien conservés. Séricite et chlorite observées en lame mince, souvent vermiculaires, sont parfois mieux cristallisées et présentent localement une certaine orientation plus linéaire que planaire, qui ne détermine pas une véritable schistosité. Les indices de cristallinité d'illites des fractions argileuses situent bien les échantillons étudiés autour de la limite anchizone—épizone.

L'ampleur du métamorphisme qui affecte la succession paléozoïque reste modérée (anchizone à épizone). La schistosité est d'autre part moins bien exprimée que dans le synclinal de Liffré, pourtant situé immédiatement au Sud (feuille Rennes).

Les principales transformations des sédiments briovériens sont dues au métamorphisme de contact des granitoïdes cadomiens.

### Thermométamorphisme cadomien

**Schistes tachetés.** A l'affleurement les caractères sédimentaires des matériaux sont très bien conservés et on y reconnaît parfaitement la lithologie et les différentes figures de sédimentation.

Le métamorphisme de contact se manifeste d'abord dans les niveaux les plus fins d'argilites et de siltites noires par l'apparition de petites taches millimétriques de couleur marron-vert et parfois de fines paillettes micacées. Au fur et à mesure que l'on se rapproche du granite la taille et l'abondance des taches



s'accroissent et l'ensemble des niveaux silteux est affecté. Les taches montrent alors des formes de baguettes (1 à 1,5 cm × 0,2 cm), leurs sections perpendiculaires sont hexagonales. Une certaine orientation planaire est fréquente.

Les niveaux *wackeux* ne présentent guère de modifications apparentes sauf lorsqu'on se rapproche de la limite des cornéennes où l'on voit apparaître des taches dans les niveaux à matrice abondante.

Au microscope, les siltites tachetées montrent une trame plus ou moins orientée de séricite, chlorite. Le quartz est en petits grains (< 0,05 mm). Selon les échantillons deux types de taches ont été reconnus :

- amas chloriteux constitués par des lamelles de chlorite vert pâle,
- blastes de cordiérite pinitisée, constitués d'un fin feutrage de produits phylliteux caractéristiques de son altération ; certains individus montrent une section hexagonale où subsistent des extinctions par secteurs rappelant les macles en roue.

On peut toutefois remarquer des cas intermédiaires où les taches associent les deux minéraux, la chlorite pouvant être primaire ou secondaire. De la biotite verte rétrotransformée, forme de basse température pauvre en titane, apparaît. La tourmaline est assez fréquente en baguettes aciculaires non orientées.

Les faciès grossiers ne montrent pas des textures très différentes des faciès non affectés, sauf dans la zone de transition entre schistes tachetés et cornéennes où le quartz commence à recristalliser. Dans cette zone apparaît aussi de la cordiérite pinitisée et parfois, dans la partie la plus rapprochée des cornéennes, des lamelles blastiques de muscovite tardive.

**Cornéennes.** Dans ce texte le terme de cornéennes est employé pour désigner des roches ayant totalement (ou presque) recristallisé sous l'effet du thermométamorphisme.

Les cornéennes constituent donc la partie la plus interne de l'auréole de contact. Du point de vue morphologique leur résistance à l'érosion fait qu'elles affleurent en plateau dominant le pourtour du massif granitique. La limite avec les schistes tachetés se marque par une rupture de pente nette et très continue. Les vallées entaillant les cornéennes sont toujours très encaissées, à flancs très abrupts, tandis qu'elles s'élargissent dès qu'elles pénètrent dans la zone des schistes tachetés.

A l'affleurement les cornéennes se reconnaissent facilement par leur aspect plus « cristallin » et micacé, leur dureté ou bien leur altération rougeâtre. La roche est fréquemment rubanée ou litée car, malgré la recristallisation, les différences lithologiques originelles sont conservées :

- les niveaux quartzo-feldspathiques à cordiérite peu abondante correspondent aux lits gréseux ;
- les niveaux à cordiérite dominante et muscovite abondante constituent les équivalents des lits silto-argileux.

Au microscope les niveaux quartzo-feldspathiques montrent une texture mosaïque polygonale fine associant le quartz, le plagioclase (oligoclase) et plus rarement le feldspath alcalin. La cordiérite toujours pinitisée apparaît sous forme de plages amiboïdes. La biotite de haute température, riche en titane, en petites lamelles brunes à brun-rouge, irrégulièrement chloritisée, peut montrer une orientation assez nette. La muscovite, généralement peu abondante dans ces niveaux, est en lamelles blastiques se développant préférentiellement aux

dépens de la cordiérite. La tourmaline apparaît en petites baguettes prismatiques dispersées. Le zircon résiduel est fréquent.

Les niveaux d'origine silto-argileuse sont constitués de cristaux ovoïdes parfois presque jointifs de cordiérite pinitisée, de biotite brun-rouge parfois chloritisée plus ou moins orientée. La muscovite est très abondante ; le plus souvent tardive elle se développe en lamelles blastiques. Le quartz et le plagioclase sont peu abondants en petits cristaux trapus dans un assemblage mosaïque isogrulaire. La tourmaline en petites baguettes marron clair à vertes est très fréquente. La pyrite (et localement d'autres sulfures) ont été signalés.

Certains échantillons prélevés dans la zone la plus interne de l'auréole sont riches en feldspath potassique parfois finement perthitique. Il apparaît alors en cristaux à tendance poecilitique associés à la cordiérite. A proximité même des granites, la texture de la cornéenne devient aplitique avec bouffées nébulitiques de minéraux noirs.

Il est remarquable que l'andalousite, minéral typique du thermo-métamorphisme des matériaux alumineux, n'ait pas été vraiment identifiée ici. Si elle manque bien, c'est probablement parce que le chimisme des matériaux n'était pas favorable à sa cristallisation, ce qui s'accorderait avec le caractère immature de la série sédimentaire.

**Définition et répartition des isogradés.** Deux isogradés ont pu être définis sur la carte :

— le premier marque la limite du thermométamorphisme visible sur le terrain. Minéralogiquement, il se traduit par l'apparition, dans les niveaux fins d'argilites et siltites sombres, de taches qui sont des blastes soit de chlorite, soit le plus souvent de cordiérite, dans un fond avec biotite verte. Dans les conditions d'affleurement il n'a pas été possible de séparer les deux zones à chlorite et à cordiérite ;

— le second isograde indique l'apparition de biotite brun-rouge, ainsi que de muscovite blastique rétrograde. La chlorite disparaît ; la cordiérite devient très abondante. Lorsqu'on approche du granite on observe l'apparition de feldspath alcalin, qui indique des températures supérieures à 600 °C, mais trop localisé pour que l'on puisse tracer un isograde.

Du point de vue textural, la zone des schistes tachetés est caractérisée par l'existence d'un début de schistosité. Dans la zone des cornéennes le matériel a subi un recuit statique important marqué par la recristallisation en mosaïque polygonale de la fraction quartzo-feldspathique.

La pente du toit des massifs de granitoïdes, l'angle que fait le plan du contact avec le plan axial des plis de l'encaissant, la tectonique postérieure, sont des facteurs qui conditionnent la largeur des zones de l'auréole de contact. La zone des cornéennes s'étend sur plus de 3 km au Nord-Ouest où elle sort de la feuille, elle varie de 650 m au Sud-Ouest à 2 km près de Fougères, puis 1 500 m plus à l'Est et autour des Epronnières, les zones fermées autour des autres petits massifs du Sud-Est sont proportionnées aux pointements générateurs. La zone des schistes tachetés varie de 500 m au Sud-Ouest à 4 km au Nord-Est et un large lobe au Sud-Est.

## STRUCTURATION, HISTOIRE TECTONIQUE

La disposition actuelle des formations de la feuille est le résultat d'une succession d'événements tectoniques qui, depuis le Précambrien jusqu'au Tertiaire, ont affecté la région. Ces phases de déformation, toujours relativement superficielles, se sont d'abord manifestées par des plissements dans un niveau structural moyen, juste au-dessus du front de schistosité, puis par des fractures dans un socle devenu rigide.

### Phase cadomienne

Les sédiments briovériens sont affectés par au moins une phase de déformation intense qui donne des plis peu ouverts, décimétriques à décamétriques, à tendance isoclinale subverticale, avec failles, déformant la stratification mais sans apparition de schistosité. La composition de la série, sans horizon épais compétent, n'est pas favorable à l'existence de plis de grande amplitude.

L'exploitation des mesures de la stratification et des quelques plans axiaux et axes de plis observables montre que :

— au Nord-Ouest du massif de Fougères tous les pendages observés étant vers le Nord-Ouest, la série paraît isoclinale, de plan axial N 40° E, 60° NW ;

— au Sud du massif, les plis ont une orientation plus axiale moyenne qui passe de N 60° E à l'Ouest à N 40° E à l'Est, avec des pendages forts (80°) bien répartis dans l'un ou l'autre sens, la moyenne étant verticale. Quelques axes de plis mesurés indiquent un plongement de 20 à 45° vers le Sud-Ouest.

Dans les roches thermométamorphisées l'observation des microstructures montre que la croissance des minéraux nouveaux est, soit antérieure à, soit contemporaine de l'orientation locale des phyllites, soit postérieure. Quoique l'on ne puisse mettre en évidence une schistosité de flux, cette orientation en est une ébauche et témoigne de la phase de plissement. On peut donc considérer que la mise en place des granitoïdes est synchrone du plissement ; ils ont atteint un niveau structural moyen et leurs importants effets thermiques se sont étalés dans le temps en encadrant le paroxysme du plissement.

Dans le grand massif les joints primaires soulignés par des venues filoniennes d'origine magmatique (aplites ou pegmatites) présentent quant à leur orientation une très grande dispersion et ne peuvent renseigner sur la forme du massif granitique. Notons que l'axe d'allongement du massif de Fougères, celui de son appendice massif des Epronnières—la Pellerine (feuille Ernée), l'orientation moyenne de la limite des deux faciès de granodiorite dans le massif de Fougères, les axes d'allongement des petits corps du Sud-Est sont N 50° E, comme la structure moyenne du Briovérien encaissant. L'ensemble présente une certaine dissymétrie avec amorce de déversement vers le Sud-Est et plongement d'axe vers le Sud-Ouest.

### Phase varisque

Elle est responsable de la discordance carthographique du Paléozoïque qu'elle plisse, par rapport au Briovérien sous-jacent dont les réactions sont celles d'un socle rigide.

En ce qui concerne les structures exclusivement varisques, seule la branche nord du synclinorium du Ménez-Bélaïr, à savoir le synclinal de la lande d'Ouée,

apparaît sur la feuille. La trace cartographique de cette unité structurale résulte de la conjugaison de mégaplis, grossièrement orientés E—W et de fractures dirigées du Nord-Est vers le Sud-Ouest.

● **Les plis.** Le synclinal de la lande d'Ouée constitue une structure plissée dissymétrique, dont le plan axial plonge vers le Sud : les formations du flanc nord présentent en effet de faibles pendages vers le Sud (en général inférieur à 45°) tandis que le flanc sud est très redressé ou même déversé vers le Nord.

La réapparition de terrains ordoviciens (Formations d'Andouillé et de Saint-Germain-sur-Ille) dans la partie médiane de ce synclinal y traduit l'existence d'un grand repli anticlinal. D'autres ondulations d'ampleur plus modeste seraient en partie responsables des inversions de pendage relevées sur le flanc nord et surtout de l'individualisation d'une butte-témoin de Grès armoricain à l'Ouest de Montreuil-des-Landes.

Les conditions d'affleurement n'ont pas permis d'observer les charnières de mésostructures qui existent vraisemblablement dans ce synclinal (notamment dans la Formation du Val, qui occupe des surfaces très importantes par rapport à sa puissance).

● **Les fractures.** Trois types de fractures ont été distinguées : les unes sont plus ou moins parallèles à l'axe du synclinal et servent de plan d'écaillage ; d'autres, d'abord orientées d'Ouest en Est, s'infléchissent ensuite vers le Nord-Est. Les troisièmes enfin, sub-méridiennes à Nord-Est, provoquent des décrochements de faible amplitude. On remarquera toutefois que localement ces divers types de faille peuvent s'associer.

— *Les cisaillements est—ouest.* Ils font partie d'un ensemble de fractures très importantes, qui découpe le synclinorium du Ménez-Bélaire en étroites bandes. Bien que présentant un rejeu tardif, en tout cas postérieur aux phases majeures de plissement, ces failles ont dû être esquissées de façon précoce. Il semble bien en effet que leurs premières manifestations soient contemporaines des émissions rhyolithiques de la base du Dinantien, comme le suggèrent les filons acides qui leur sont intimement associés au Nord de Rennes (région de Saint-Germain-sur-Ille, Montreuil-le-Gast : feuille Combourg). Lors de mouvements dextres, tardifs, ces cisaillements E—W ont dû être relayés par certaines fractures orientées NE—SW. Il en résulte un rebroussement de la direction de ces cisaillements, qui prennent tout le synclinorium du Ménez-Bélaire en écharpe et donnent naissance aux diverses apophyses (Vieux-Vy-sur-Couesnon, bois d'Uzel, Combourtillé, Montreuil-des-Landes...) qui font l'originalité du flanc Nord du synclinorium du Ménez-Bélaire. Bien qu'aucune mesure de pendage ne permette de le confirmer sur le territoire de la feuille, il semble bien que le rebroussement des cisaillements vers le Nord-Est s'accompagne d'un début de chevauchement des apophyses de Combourtillé et de Montreuil-des-Landes, sur les terrains situés immédiatement au Sud.

— *Des failles à plongement sud,* orientées plus ou moins parallèlement à l'axe du synclinal de la lande d'Ouée, existent dans l'angle sud-ouest de la feuille. Elles jouent le rôle de plan d'écaillage et sont liées à des poussées tangentielles s'exerçant du sud vers le Nord et provoquant le déversement du flanc sud du synclinal (Est de Gosné). Ces failles sont responsables des décollements enregistrés au sein du Groupe de Bouexière. Elles sont vraisemblablement plus abondantes que l'interprétation cartographique ne le fait apparaître. Des conditions d'affleurement trop médiocres ne permettent pas toutefois de le démontrer.

— *Une troisième famille de failles* morcelle l'ensemble du synclinal. En général orientées NE—SW ou encore NW—SE, ces fractures se traduisent par des décrochements bien visibles au niveau de la crête de Grès armoricain du flanc Nord. Les rejets dépassent rarement quelques dizaines de mètres. Il s'agit d'accidents cassants d'âge varisque, tardifs par rapport à la structuration générale du synclinal.

### **Fracturation tardive dans le socle cadomien**

Elle s'est produite sous l'action d'une tectonique cassante polyphasée, dont l'étude a été facilitée dans le massif de Fougères par les mesures possibles dans les nombreuses carrières ; ses manifestations ont été également observées ailleurs dans le socle. La représentation cartographique de ces fracturations tient compte d'observations de terrain, couplées aux linéaments visibles en photo-géologie.

Cinq grandes familles de fractures subverticales, très largement les plus fréquentes, ont été mises en évidence tant au niveau de la carte qu'à celui de l'affleurement :

— les fractures de direction N 150° E ( $\pm 20^\circ$ ) sont les plus nombreuses, les mieux réparties, et sont parfois jalonnées par des cataclasites visibles aussi ponctuellement dans le Briovérien (à Fougères par exemple). Elles se disposent en relais, constituant des couloirs de fracturation sur de longues distances et une largeur de l'ordre du kilomètre ; entre eux la densité de ces fractures est bien plus faible. Le bassin sannoisien de Landéan ainsi que les filons de dolérite se trouvent dans de tels couloirs ;

— les fractures N 30° E ( $\pm 20^\circ$ ), bien représentées mais paraissant moins continues, constituent pourtant, semble-t-il, trois alignements notables jalonnés de mylonites et de filons de quartz (Saut-Roland) ; l'alignement des gorges du Couesnon et celui de Fougères seraient des discontinuités importantes sensibles dans la structure interne du massif de Fougères, et rattachables aux cisaillements chevauchants décrits dans le synclinorium paléozoïque ;

— les fractures N 80° E ( $\pm 20^\circ$ ) et N 110° E ( $\pm 10^\circ$ ) sont moins nombreuses et importantes ;

— les fractures N—S ( $\pm 10^\circ$ ) sont le plus souvent soulignées par des filons de quartz.

Trois phases principales de fracturation ont pu être individualisées :

— la première phase, de compression, d'axe de raccourcissement N—S est responsable de la formation de fractures N 150° E dextres et N 30° E sénestres, conjuguées dans un système cisailant. Les principaux filons de quartz verticaux N—S peuvent correspondre à des fentes d'extension liées à cette phase, qui pourrait être le retentissement dans le socle de la phase de plissement du Paléozoïque ;

— la phase 2, de compression, d'axe de raccourcissement E—W est responsable des cisaillements conjugués N 80° E dextres et N 110° E sénestres et du

rejeu dans l'autre sens des fractures N 150° E et N 30° E. La schistosité de fracture N—S observable dans la carrière de Fougères et alentour lui est peut-être imputable. C'est probablement cette phase qui a donné les cisaillements en gros E—W à rebroussement nord-est dans le Paléozoïque. Les rebroussements nord-est se poursuivent dans le socle cadomien selon les accidents N 30° E réactivés, qui paraissent bien chevauchants tant à l'entrée du Couesnon dans ses gorges ou le long du filon de Saut-Roland qu'à Fougères même où des mylonites en mortier à faciès conglomératique sont observables dans les cornéennes ainsi que des failles inverses, du côté Lécousse en particulier. Un stade plus tardif serait responsable des fractures de la troisième famille décrite dans le Paléozoïque, associées à des filons de quartz minéralisé ;

— la phase 3, de distension, d'axe d'allongement N 60° E, qui a fait rejouer en failles normales les fractures précédentes avec, à des époques différentes, les filons de dolérite N 160° E et les fossés où seront déposés les sédiments du bassin sannoisien du Landéan et les faluns helvétiques de la Boyère. Plus généralement ces rejeux sont responsables de la morphologie en escalier de l'ensemble et plus particulièrement des fractionnements en compartiments élevés ou abaissés, d'axes conjugués N 150° E et N 80° à N 30° E du coin sud-est.

## RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

### *HYDROGÉOLOGIE*

En dehors des zones alluviales, les réserves aquifères sont situées dans les zones arénisées des granitoïdes et les sables pliocènes. L'existence de ressources importantes en eaux souterraines dans le socle, attestée par les sources de débordement ou liées à des failles, est démontrée par des forages récents.

Les arènes granitiques du massif de Fougères emmagasinent des quantités d'eau disponible considérables. Leur exploitation se fait par des réseaux de drains posés à la base de la couche arénisée. Dans la forêt de Fougères et ses abords sud-est une épaisseur moyenne de 4 m d'arène de la granodiorite à cordiérite est drainée sur environ 2 000 ha ; le débit obtenu varie selon les saisons de 5 à 12 m<sup>3</sup>/j/ha. Plus à l'Ouest les bassins versants de la Loisançe et de la Minette sont exploités depuis 1875 pour l'alimentation en eau de Rennes : 40 000 ha sur 4 à 6 m d'épaisseur d'arène, dans les deux faciès, donnent un débit de 1,5 à 11 m<sup>3</sup>/j/ha.

Les petits dépôts de sables pliocènes du Rocher et des Aunays constituent des réservoirs alimentés par le versant de l'escarpement de Grès armoricain et le Briovérien plus ou moins fracturé sous-jacent. Ils sont exploités pour AEP et ont fourni en 1973 110 000 m<sup>3</sup> (les Aunays) et 70 000 m<sup>3</sup> (le Rocher).

L'augmentation constante des besoins en eau a conduit à s'intéresser aux eaux souterraines contenues dans le socle précambrien ou paléozoïque. Les roches dures fissurées, présentant des discontinuités stratigraphiques ou des filons, ont une perméabilité parfois importante qui, jointe à la grande épaisseur de l'aquifère, facilement obtenue par des forages à une centaine de mètres au marteau-fond-de-trou, assure au moins une bonne transmissivité, l'emmagasinement étant variable et encore mal connu. Les débits peuvent être suffisants

pour une petite industrie ou un appoint aux AEP en période sèche. Les eaux obtenues sont de bonne qualité, quoique parfois un peu agressives ou trop minéralisées en fer et manganèse. Plusieurs forages d'essai et ouvrages ont été ainsi exécutés depuis 1976. Des résultats intéressants ont été obtenus :

- dans les schistes fissurés de la Formation d'Andouillé au Sud du Pliocène des Aunays, on pourrait pomper 250 m<sup>3</sup>/j pendant 100 j/an ;
- dans la graniodorite à cordiérite fracturée et à filonnets de quartz, à la Bretonnière en Laignelet, un débit de 800 m<sup>3</sup>/j pendant 7 mois/an peut être envisagé ;
- dans le Briovérien non thermométamorphisé, fracturé, de la Z.I. de l'Aumailerie près de Fougères, on peut espérer 100 m<sup>3</sup>/h pendant 10 h/jour.

#### RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES

### Minéralisations

La région couverte par la feuille Fougères renferme un très petit nombre de gîtes métallifères. Seules les minéralisations d'étain—tungstène de *Montbelleux*, à 6 km au Sud de Fougères, ont fait l'objet de travaux de recherches importants qui ont abouti à une mise en exploitation partielle entre 1905 et 1955 (300 tonnes de wolframite extraites). De nouveaux essais d'exploitation pour cassitérite et wolframite sont entrepris depuis 1980.

Les autres minéralisations connues renferment plomb, zinc, or et antimoine. Il s'agit de gîtes de faible importance n'ayant pas donné lieu à reconnaissances détaillées.

Du point de vue métallogénique, deux types principaux de gîtes peuvent être distingués :

— *les filons et stockwerks quartzeux, pneumatolytiques, à W ou Sn—W*, en relation avec des petits corps de granite à muscovite, aplites ou microgranite, ayant subi une grésénisation plus ou moins développée, tous situés dans la région briovérienne de Montbelleux et considérés comme d'âge post-cadomien (450 M.A.) ;

— *les filons quartzeux hydrothermaux à sulfures*, de paragenèse plombo-zincifère ou auro-antimonifère, traversant les Grès armoricains au Sud de la feuille, et d'âge probablement varisque.

● **Minéralisations pneumatolytiques à Sn—W de la région de Montbelleux.** Le gisement principal situé sur la butte de Montbelleux a été exploré par travaux souterrains jusqu'à la profondeur de 130 m et partiellement exploité. La mine comprend :

— le quartier occidental, constitué par un faisceau de 5 filons quartzeux à wolframite, parallèles, de direction N 50° E, fortement inclinés vers le Nord-Ouest, traversant les schistes briovériens subconcordants (00.4001) ;

— le quartier oriental, comportant une lame de granite aplitique grésénisée, large de 15 à 20 m, dans laquelle semble pénétrer en se ramifiant le filon le plus central du faisceau précédent, donnant ainsi un *stockwerk* quartzeux à cassitérite et wolframite intragranitique (8-4001).

*Le faisceau filonien* dans les schistes a été reconnu sur une longueur maximale de 500 m entre la surface et le niveau 130 m. Les filons ont des puissances

ces variant de quelques centimètres à 0,60 m et se divisent fréquemment en branches séparées par des zones de schistes. La largeur du faisceau filonien est d'environ 120 mètres. La minéralisation qui est localisée de façon discontinue au passage de failles de cisaillement comporte : wolframite en grandes lames souvent implantées en éventail ; cassitérite rare, en nids près des épontes ; scheelite surtout en enduits sur la wolframite ; molybdénite, mispickel, pyrite, blende ferrifère, chalcopryrite et stannite en faibles quantités. La gangue a un caractère nettement fluoré. Outre le quartz, on y distingue de la topaze, plus rarement de la fluorine et de l'apatite. La tourmaline est absente.

L'exploitation des filons a porté surtout sur les parties situées entre 30 et 100 m de profondeur où la minéralisation présentait les meilleures caractéristiques d'extension et de teneurs.

*Le stockwerk intragranitique*, découvert en surface dès 1903, n'a été exploré en profondeur qu'à partir de 1958. La lame de granite, reconnue sur 250 m en direction N 50° E, s'intercale dans les schistes silicifiés à son contact. Celui-ci, côté toit, est marqué plus ou moins nettement par un petit *stockscheider*. Le granite aplitique très feldspathique semble envahi par le quartz et la muscovite (greisénisation). On y distingue une imprégnation de topaze, fluorine et cassitérite fine. La minéralisation principale se situe dans des filons et filonnets quartzeux ramifiés en *stockwerk*, fréquemment décrochés au passage de cassures et grossièrement orientés parallèlement à la direction d'allongement de la lame granitique. Il existe des parties plus riches en cassitérite, d'autres plus riches en wolframite. Ces minéraux sont toujours accompagnés d'une petite quantité de sulfures : mispickel, pyrite, chalcopryrite, blende, exceptionnellement galène.

L'ensemble de la lame granitique constitue un objectif économique au-dessous de la profondeur de 60 mètres. Les limites en profondeur sont inconnues. On ignore notamment s'il existe une coupole granitique minéralisée s'étendant sous les zones actuellement explorées de la mine.

*D'autres minéralisations* sont connues autour de Montbelleux. Le gîte le plus important, celui de *Villeray* (7-4001) a fait l'objet d'une reconnaissance souterraine à faible profondeur en 1905 et 1920, ainsi que par sondages en 1959. Il se présente sous la forme d'un petit pointement subcirculaire de granite acide à grain très fin ou de microgranite. En surface on observe des filons de quartz à wolframite (proche de la ferbérîte), contenant aussi localement bismuth, bismuthinite, chalcopryrite. En profondeur, sur au moins 200 m, les sulfures dominent, concentrés dans une multitude de veines et veinules quartzeuses et dispersés aussi de façon diffuse dans le microgranite. On y trouve : pyrite, chalcopryrite, mispickel, blende, galène, pyrrhotite. La cassitérite n'existe qu'en traces. Le gîte de *Villeray* pourrait être apparenté au gisement de Beauvain (Orne), situé dans la même région mancellienne, type également multifissural intragranitique à Cu—Mo—W, qui n'est pas sans présenter d'analogie avec les *porphyry copper*. La partie explorée du gisement de *Villeray* est trop faiblement minéralisée pour être d'intérêt économique.

L'indice de *Vau-Houdin* (7-4003) rappelle la minéralisation du granite greisé de la butte de Montbelleux, telle qu'elle apparaissait à l'affleurement (zone du puits Surcouf). Il s'agit, en effet, d'un granite aplitique faiblement minéralisé en cassitérite diffuse, formant un petit pointement dans les schistes briovériens (carrière aujourd'hui comblée).

D'autres indices de wolframite ou de cassitérite ont été signalés en pierres volantes en quelques autres localités, près de Luitré, Dompierre, Parcé et Mué.

• **Minéralisations filoniennes hydrothermales Pb—Zn et Sb—Au.** Il s'agit d'indices sulfurés décrits par F. Kerforne (1920, 1923) aux environs de Saint-Aubin-du-Cormier et Combourillé.



L'indice de *la Layée* (5-4002) est un filon quartzeux méridien, subvertical, remplissant une zone de broyage dans le Grès armoricain. Puissant de 0,40 à 0,70 m, ce filon est surtout pyriteux et partiellement oxydé. Un peu de blende noire et de galène y a été observé. Au voisinage, le Grès armoricain est sillonné de filonnets quartzeux et peut contenir de petites disséminations de galène, blende et pyrite. En outre, l'or est fréquent dans les filonnets quartzeux, pyriteux et cariés à l'affleurement, autour de la Layée et au Nord-Ouest de Saint-Aubin-du-Cormier (lande d'Uzel), toujours dans le Grès armoricain.

Les filons à pyrite de la même région sont parfois aussi antimoniifères (stibine). Les meilleurs indices se situent dans la commune de Combourtille, sur les contacts du Grès armoricain et du Briovérien, notamment à *la Pellerie*, *la Retaudière* et *la Roche*. En ce dernier point, existait une petite carrière, à l'extrémité nord-est de laquelle le grès montre des cassures remplies de stibine millimétrique, ainsi que des filonnets de pyrite. Sur les parties sulfurées des dosages d'or ont révélé des teneurs de 0,3 à 2 g/t.

*Minéralisations diverses.* Des traces de minéralisations sulfurées Pb—Zn—Cu sont connues en dissémination dans des niveaux pyriteux du Briovérien (carrières de Fougères) ainsi que dans des formations riches en carbone du Caradozien à l'E.S.E de Saint-Aubin-du-Cormier (les Vallées).

D'autres indices sulfurés, souvent mal localisés, existent en divers points du massif granitique de Fougères, en relation probable avec les nombreux filons quartzeux, le plus souvent stériles, mentionnés sur la carte géologique. C'est en particulier le cas de l'indice de cuivre de Saint-Hilaire-des-Landes.

L'or alluvionnaire est présent dans les vallées des régions briovériennes et paléozoïques. Il provient non seulement des filons quartzeux pyriteux dont les affleurements ne sont guère observables en dehors des Grès armoricains mais aussi des filons à mispickel en bordure du granite, comme ceux de la carrière du Tertre dans le massif de Dompierre.

## Roches

Les arènes granitiques, les sables rouges pliocènes, les faluns silicifiés helvétiens, les terres à foulon de Landéan, ainsi que toutes les roches dures : grès paléozoïques, *wackes* briovériens, granitoïdes, schistes tachetés et cornéennes, dolérite et quartz, ont été autrefois exploités dans de très nombreuses petites carrières pour l'usage local. Les arènes granitiques restent pratiquement les seules encore utilisées, pour le sablage des chemins, cours, etc.

**grn. Granite.** Une tradition déjà ancienne d'exploitation pour pierre de taille des granodiorites du massif de Fougères se perpétue de nos jours dans le Bassin granitier du Coglès qui compte une quinzaine de carrières. Il n'y a plus de carrières en activité dans la granodiorite à cordiérite, qui était utilisée pour le pavé et la bordure de trottoir. Même pour ces usages, le faciès à biotite seule, plus résistant à l'altération et moins chargé en enclaves, était plus recherché. Malgré un fléchissement du marché des pavés et des bordures, c'est encore un des principaux débouchés de l'industrie granitière localisée dans la partie nord-ouest du massif. Grâce à une meilleure homogénéité, une plus faible densité d'enclaves sombres, au bon poli obtenu sur des blocs de grande taille, le *gris bleuté du Coglès*, surtout autour de Saint-Marc-le-Blanc est un bon « granit » pour la construction, plus rarement le funéraire. L'exploitation en fouille, à partir du sommet des buttes où l'on a d'abord exploité les boules affleurantes, est

la méthode la plus répandue ; l'exploitation en butte, par le flanc, commence à se pratiquer.

**crn. Cornéennes et schistes tachetés cornéifiés.** Dans l'auréole la plus interne créée par les granoïdes cadomiens dans le Briovérien sédimentaire, ces roches sont activement exploitées sur la feuille pour granulats. Les caractéristiques mécaniques : coefficient Los Angelès (résistance aux chocs), coefficient micro-Deval en présence d'eau (résistance à l'usure par attrition) sont excellents pour ces roches saines qui répondent ainsi aux spécifications les plus sévères des techniques routières. Trois carrières sont en exploitation : le Rocher Coupé (Fougères), Pilet (Fleurigné) et Moulin de Thouru (Romagné), qui produisent au total 600 à 700 000 t/an de granulats. Les réserves sont considérables, même en dehors des sites actuels.

## DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

### *DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES*

Les documents de terrain ainsi que les échantillons pétrographiques et lames minces sont conservés au Service géologique régional, 10, rue Henri-Picherit, 44300 Nantes ou bien à l'Université de Rennes par les auteurs des levés sur le Paléozoïque, le Tertiaire et le Quaternaire.

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. Les documents peuvent être consultés soit au SGR-Bretagne, 14, avenue Sergent-Maginot à Rennes 35100, soit au B.R.G.M., 191, rue de Vaugirard, 75015 Paris.

### *SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES*

On trouvera des renseignements géologiques complémentaires et en particulier des itinéraires dans les publications suivantes :

- 26<sup>e</sup> Congrès géologique international. France : introduction à la géologie de l'Ouest. Livret-guide. Excursion 206A . *Bull. Soc. géol. et minéralo. Bretagne*, série C, t.XI, fasc. 1-2, 1979.
- *Guide géologique régional. Bretagne*, par S. Durand, 1977, Masson, Paris. Itinéraire 1 : le Pays de Dol.

### *RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES*

- BERTHOIS L. (1930) — Étude des minéraux lourds du massif de granite de Fougères (I.-et-V.). *C.R. Acad. Sc., Sec. AB*, 190, p. 755-757.
- BRUNEL L. et DÉPAGNE J. (1974) — Étude hydrogéologique du gisement de sables pliocènes des Aunays en Saint-Georges-de-Chesné (35). Rapport B.R.G.M. — 74 SGN 220 BPL, 18 p.

- CASTAING C. et RABU D. (1978) — Zones à réserver à l'industrie extractive dans les principaux massifs granitiques de Bretagne. Rapport B.R.G.M. — 78 SGN 586 BPL, 56 p., 11 ann. h.-t.
- CHAURIS L. et GUIGUES J. (1969) — Gîtes minéraux de la France. Vol. 1, Massif armoricain. *Mém. B.R.G.M.* n° 74, 96 p., 8 cartes h.-t.
- CHOUX J. (1959) — La cuvette de Landéan (Ille-et-Vilaine). Étude des sédiments et des formations résiduelles. *Bull. Soc. géol. min. Bretagne*, 2, p. 1-34.
- CLÉMENT J.-P. (1977) — Cartographie des zones où des gisements de granite exploitables sont repérables en Ille-et-Vilaine. Rapport B.R.G.M. — 77 SGN 060 BPL, 30 p., 24 pl. h.-t.
- CLÉMENT J.-P., CHEVASSU G. et YARDIN D. (1979) — Inventaire des ressources en granulats du Nord de l'Ille-et-Vilaine. Rapport B.R.G.M. — 79 SGN 031 BPL, 83 p., 4 ann. h.-t.
- COGNÉ J. et WRIGHT A.-E. (1980) — L'orogène cadomien. 26<sup>e</sup> Congrès géologique international, colloque C6, p. 29-55, Paris.
- DURAND S. (1959) — Examen palynologique des argiles sannoisiennes de Landéan (Ille-et-Vilaine). *Bull. Soc. géol. min. Bretagne*, 2, p. 71-80.
- DURAND S. (1960) — Le Tertiaire de Bretagne. Étude stratigraphique, sédimentologique et tectonique. *Mém. Soc. géol. min. Bretagne*, 12, 389 p., Rennes.
- ESTÉOULE-CHOUX J. (1967) — Contribution à l'étude des argiles du Massif armoricain. Argiles des altérations et argiles des bassins sédimentaires tertiaires. Thèse, 319 p., Rennes.
- GEFFROY J. et ROCHE J. (1949) — Note sur le gisement d'étain et de wolfram de Montbelleux (I.-et-V.). La stannite qu'il renferme et la place de cette dernière dans la paragenèse. *Bull. Soc. fr. Miné. Cristallog.*, 72, n° 7, p. 388-407.
- GRAINDOR M.-J. (1953) — Le Briovérien dans le Nord-Est du Massif armoricain. *Mém. expl. Carte géol. Fr.*, 211 p., Paris.
- GUIGUES J. et MOUSSU R. (1958) — Rapport sur les travaux de recherche à Montbelleux. Rapport B.R.G.M. — A 1348.
- GUIGUES J. et TANON J. (1960) — Reconnaissance par sondage de la granulite de Villeray. Rapport B.R.G.M. — A 1632.
- JONIN M. (1969) — Étude pétrographique du massif granitique de Bonnemain (Massif armoricain français). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, 87 p., Clermont-Ferrand.

- JONIN M. (1973) — Les différents types granitiques de la Mancellia et l'unité du batholite manceau (Massif armoricain). *C.R. Acad. Sc.*, 277, p. 281-284, Paris.
- JONIN M. et VIDAL P. (1975) — Étude géochronologique des granitoïdes de la Mancellia — Massif armoricain — France. *Can. J. Earth Sci.*, 12-6, p. 920-927.
- KERFORNE F. (1903) — Découverte d'un gisement d'étain et de wolfram dans l'Ille-et-Vilaine. *Bull. Soc. Sci. et Méd. de l'Ouest*, 12, p. 448-449.
- KERFORNE F. (1922) — Gisements d'étain, W, Mo et Bi du Massif armoricain. *Bull. Soc. géol. miné. Bretagne*, 3.
- KERFORNE F. (1923) — Contribution à l'étude des gisements minéralisés du Massif armoricain : filons de Pb—Zn et de pyrite de Saint-Aubin-du-Cormier (I.-et-V.), etc. *Bull. Soc. géol. miné. Bretagne*, 4, 1, p. 47-50.
- KERFORNE F. (1926) — La région minéralisée de Montbelleux (I.-et-V.). *Bull. Soc. géol. miné. Bretagne*, 7, 1, p. 59-67.
- KHOI N. (1970) — Étude géologique et métallogénique du granite de Villeray (I.-et-V.) et des filons wolframifères qui l'accompagnent. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Paris VI.
- LACROIX A (1896 ?) — Topaze de Montbelleux (I.-et-V.) et des Colettes (Allier). *Bull. Soc. fr. Miné. Cristallographie*, p. 350-352.
- LAKSHMANAN J. (1955) — Stage à la mine de Montbelleux. 1<sup>re</sup> partie : géologie et prospection. Rapport E.N.S.G., 10 p., Nancy.
- LE GORGEU J.-P., TALBO H., VADON J. (1977) — Étude hydrogéologique des granites de Fougères (35) dans le secteur de Laignelet, en vue du renforcement des ressources en eau potable du district. Rapport B.R.G.M. — 77 SGN 185 BPL, 50 p.
- LERMUZEAUX A. (1954) — Le wolfram dans la région de Montbelleux par Luitré. 1<sup>re</sup> partie : prospection et étude géologique. Rapport E.N.S.G., 30 p., Nancy.
- LETTERMANN M. et TALBO H. (1976) — Alimentation en eau de la Z.I. de l'Aumallerie à Fougères (I.-et-V.). Compte rendu des travaux de reconnaissance réalisés. Rapport B.R.G.M. — 76 SGN 487 BPL, 14 p.
- LEUTWEIN F. (1965) — Étude géotechnique du gisement d'étain et wolfram de Montbelleux. *Bull. B.R.G.M.*, 6, p. 97-110.
- LEUTWEIN F. (1968) — Géochronologie et évolution orogénique précambrienne et hercynienne de la partie nord-est du Massif armoricain. *Mém. Sc. Terre*, 11, 84 p., Nancy.

- OLLIVIER-PIERRE M.-F. (1979) — Étude palynologique (spores et pollens) de gisements paléogènes du Massif armoricain. Thèse, 232 p., Rennes.
- PARIS F. (1971) — Étude géologique de la terminaison orientale du Ménez-Bélaïr (synclinorium médian armoricain). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, 141 p., Rennes.
- PARIS F. (1971) — L'Ordovicien du synclinorium du Ménez-Bélaïr (synclinorium médian armoricain). Ses caractères et sa place dans la paléogéographie centre-armoricaine. *Bull. Soc. géol. Nord*, 91,4, p. 241-251, Lille.
- PARIS F. et JEGOUZO P. (1976) — La bordure Mancellia—synclinorium médian armoricain : une limite géotectonique majeure de l'édifice armoricain. 4<sup>e</sup> réunion ann. Sc. de la Terre, p. 317, Paris.
- REY R. (1959) — La faunule malacologique de Landéan (Ille-et-Vilaine). *Bull. Soc. géol. miné. Bretagne*, 2, p. 35-70.
- TALBO H. et VADON J. (1977) — Alimentation en eau de la Z.I. de l'Aumailerie à Fougères (35). Forage d'essai. Compte rendu des travaux. Interprétation des pompages d'essai. Rapport B.R.G.M. — 77 SGN 149 BPL, 18 p.
- TALBO H. et VADON J. (1977) — Recherche d'eau souterraine. Forage de la Foucaudière, Dompierre-du-Chemin (35). Compte rendu des travaux. Rapport B.R.G.M. — 486 BPL, 7 p.
- TALBO H. et VADON J. (1979) — Étude hydrogéologique des grès et schistes du secteur du captage des Aunays, Saint-Georges-de-Chesné (35). Compte rendu des travaux réalisés. Rapport B.R.G.M. — 79 SGN 101 BRE, 59 p.
- THIÉBAUT L. (1909) — Notice sur le gisement de wolfram de Montbelleux (I.-et-V.). *Bull. Soc. Sci. nat. d'Autun*, 22, p. 131-133.
- TOUTAIN F. (1966) — Étude des sols et des eaux de la forêt de Fougères (I.-et-V.). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Paris.
- WEPPE M. (1958) — Étude des gisements de wolfram de Leucamp, Puy-les-Vignes, Montbelleux. Thèse, Nancy, 196 p.

#### Cartes géologiques à 1/80 000

- Feuille *Avranches* (n<sup>o</sup> 61) : 1<sup>re</sup> édition (1882) par Potier et A. de Lapparent.  
2<sup>e</sup> édition (1942) par Matte (révision partielle).  
3<sup>e</sup> édition (1970) par M.-J. Graindor et M.-M. Roblot.
- Feuille *Laval* (n<sup>o</sup> 76) : 1<sup>re</sup> édition (1905) par Oehlert, Bigot et Matte.  
2<sup>e</sup> édition (1960) coordination par Y. Milon.

### **Cartes des gîtes minéraux de la France à 1/320 000**

- Feuille *Cherbourg—Rennes* (1960), coordination par F. Permingeat.

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

- Feuille *Nantes* (1979), coordination par J. Méloux.

### **AUTEURS**

Cette notice a été rédigée par :

- J. ESTEOULE-CHOUX, maître assistant, Institut de géologie, Université de Rennes pour les formations tertiaires et quaternaires ;
- F. PARIS, attaché de recherches au C.N.R.S., laboratoire de paléontologie et stratigraphie, Université de Rennes, pour les formations paléozoïques, leur métamorphisme et leur tectonique propres ;
- J. GUIGUES, ingénieur géologue C.N.R.S., collaborateur extérieur du B.R.G.M., pour les minéralisations ;
- P. DADET, avec la participation de M. BEURRIER, ingénieurs géologues au B.R.G.M., pour le reste.

ANNEXE

*ANALYSES CHIMIQUES DES GRANITES ET DES GRANODIORITES*

	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	68,00	67,51	67,03	67,00	70,80
TiO <sub>2</sub>	0,50	0,70	0,68	0,50	0,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,00	15,04	15,21	15,70	14,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,54	0,77	1,22	2,15	0,83
FeO	2,90	3,63	3,82	3,23	2,35
MnO	0,05	0,06	0,07	0,04	0,04
MgO	1,64	1,46	1,88	1,89	1,09
CaO	3,15	2,32	1,41	0,40	0,43
Na <sub>2</sub> O	4,36	3,55	2,93	2,28	2,62
K <sub>2</sub> O	2,19	3,61	3,51	3,19	4,43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,30	0,21	0,18	0,15
H <sub>2</sub> O +	1,30	0,84	1,62	3,00	1,70
H <sub>2</sub> O -	0,20	0,05	0,07	0,30	0,25
S	0,01	0,08	0,21	0,01	0,07
Total	99,95	99,92	99,87	99,87	100,26

- 1 — granodiorite des Epronnières
- 2 — granodiorite à biotite seule, massif de Fougères, moyenne sur 18 échantillons
- 3 — granodiorite à biotite et cordiérite, massif de Fougères, moyenne sur 8 échantillons
- 4 — granodiorite des Hurlières
- 5 — granite de Dompierre

