



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

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

ST-HILAIRE- -DU-HARCOUET

1316

ST-HILAIRE- -DU-HARCOUET

La carte géologique à 1/50 000
ST-HILAIRE-DU-HARCOUET est recouverte par la coupure
AVRANCHES (N° 61)
de la carte géologique de la France à 1/80 000.

	Avranches	Mortain
	Mont-St-Michel	
	Dol	
-de-Bretagne	ST-HILAIRE-	Landivy
Mont-St-Michel	-DU-HARCOUET	
Combourg	Fougères	Ernée

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



NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
SAINT-HILAIRE-DU-HARCOUËT A 1/50 000

par P. DADET, M. BEURRIER, J.-P. LAUTRIDOU

1984

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
HISTOIRE GÉOLOGIQUE.....	5
DESCRIPTION DES TERRAINS.....	6
<i>ROCHES SÉDIMENTAIRES PROTÉROZOÏQUES</i>	6
<i>ROCHES PLUTONIQUES</i>	7
<i>ROCHES THERMOMÉTAMORPHISÉES</i>	14
<i>ROCHES FILONIENNES</i>	16
<i>FORMATIONS TERTIAIRES ET QUATÉRNAIRES</i>	17
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES.....	19
<i>MÉTAMORPHISME</i>	19
<i>STRUCTURATION, HISTOIRE TECTONIQUE</i>	20
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS.....	22
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	22
<i>RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES</i>	22
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE.....	23
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i>	23
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	23
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	25
AUTEURS DE LA NOTICE	26
ANNEXE :	
<i>ANALYSES CHIMIQUES DES GRANODIORITES</i>	26

INTRODUCTION

PRÉSENTATION ET CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Appartenant pour sa moitié sud à l'Ille-et-Vilaine et pour sa moitié nord à la Manche, le territoire de la feuille Saint-Hilaire-du-Harcouët à 1/50 000 s'étend sur une région de bocage assez accidentée, dont l'altitude va de 10 m, à 3 km de la baie du Mont-Saint-Michel au Nord-Ouest, à 205 m au lieu-dit Moque-Souris à l'Est. Mis à part l'extrême Nord-Ouest drainé directement vers la mer, le réseau hydrographique est partagé par une diagonale, entre le bassin du Couesnon au Sud-Ouest et celui de la Sélune au Nord-Est. L'érosion différentielle et la structuration concourent pour donner :

— dans la région nord-ouest une partie basse à relief mou sur le Briovérien non cornéifié. Dans le même contexte géologique, la région nord-est se trouve à une altitude supérieure du fait de la tectonique tardive ;

— partout ailleurs, le massif granitique et son auréole de cornéennes donnent une zone haute plus accidentée. Les mouvements tectoniques tardifs y déterminent des gradins Nord—Sud à N.NW—S.SE, s'élevant vers l'Est et influent sur les cours d'eau dont le tracé est localement parallèle à ces directions ou bien en moyenne Est—Ouest avec des baïonnettes et méandres encaissés. 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 apportées par la carte à 1/80 000 Avranches (3^e édition, 1970, par M. J. Graindor et M. M. Roblot) et aussi la carte à 1/50 000 Fougères (1981) contiguë, dont les terrains présentent avec ceux de Saint-Hilaire une grande analogie. Ces deux dernières cartes ont été levées à la suite entre 1977 et 1980.

Pour la présente carte, les variations pétrographiques et la fracturation des granitoïdes, le métamorphisme de contact qu'ils développent dans les sédiments briovériens, la composition et la structuration de ceux-ci, ont été particulièrement étudiés, ainsi que la couverture loessique quaternaire qui contribue, avec l'altération importante, à rendre difficile l'observation des roches, surtout celles peu indurées du Briovérien.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Située dans le domaine mancennien de la structure armoricaine, cette carte comprend des formations surtout précambriennes (Protérozoïque supérieur). Les plus anciennes sont des dépôts détritiques à sédimentation rythmique immature issus d'un socle cristallin. Ces sédiments, épimétamorphiques, où l'on note l'apparition d'une schistosité vers le Nord-Ouest, ont été plissés dans l'orogène cadomien, en plis serrés orientés en moyenne N 45 °E, lors d'une phase qui se termine par la mise en place des granodiorites du batholite mancennien, à 617 ou 580 M.A. (M. Jonin, 1981) dans ces sédiments qu'ils thermométamorphisent. Des intrusions leucogranitiques en relation spatiale avec le batholite sont postérieures, datées à 525 M.A.

Ces formations du Briovérien supérieur du centre du domaine mancellien, indurées par les granodiorites cadomiens, constituent le cas rare en France d'un socle précambrien émergé pendant probablement tout le Baléozoïque et où l'orogénèse hercynienne ne s'est manifestée que par une tectonique cassante de socle, les écaillages reconnus au Sud s'amortissant au niveau de notre carte. Les fissures produites ont permis la mise en place de grands filons de quartz et de dolérite. Le socle mancellien de la feuille est également resté émergé au cours des transgressions de l'ère secondaire.

Au Tertiaire (Éocène—Oligocène), un rejeu d'anciennes fractures varisques a donné le fossé d'effondrement où seront déposées les formations de Landéan—Parigné, lacustres à influences saumâtres. Des mouvements tectoniques, peut-être encore tertiaires, donnant l'étagement en gradins diversement basculés, sont à l'origine des surimpositions et autres particularités du réseau hydrographique actuel.

Les terrasses fluviales autour de Saint-Hilaire, les loess et sables éoliens largement épandus, témoignent d'un environnement périglaciaire quaternaire, weichsélien pour l'essentiel.

DESCRIPTION DES TERRAINS

ROCHES SÉDIMENTAIRES PROTÉROZOÏQUES

b2. Briovérien supérieur. Argilites, siltites, wackes. Ces formations détritiques, à sédimentation rythmique immature, pseudoflyschoides ou molassiques, sont les terrains les plus anciens connus sur cette feuille, dont elles occupent une grande partie à l'Ouest et au Nord-Ouest, et une moindre au Nord-Est, autour du massif granodioritique cadomien qui les thermométamorphose sur une large zone.

Sur le terrain, la monotonie globale des matériaux qui constituent ces formations, le caractère répétitif de niveaux lithologiques différents plissés serré, l'absence de niveaux-repères suffisamment continus, empêchent d'établir une stratigraphie. A peine a-t-on pu distinguer sur la carte les niveaux grossiers, de puissance au moins métrique, qui apparaissent discontinus pour diverses raisons, tant sédimentologiques que tectoniques, jointes à la relative rareté des affleurements. A l'œil nu, les *argilites* et *siltites* sont de couleur grise, plus foncée pour les *argilites* de granulométrie très fine, que pour les *siltites* à grain fin et nuances parfois verdâtres. La roche devient beige grisâtre à l'altération. Une pigmentation noire d'origine carbonée envahit certains niveaux, souvent très fins. Le débit en plaquettes dues au litage est fréquent et amplifié par l'altération. Les *wackes* sont gris plus ou moins foncé, parfois verdâtres ou brunâtres, finement mouchetées de blanc ou de noir par les gros éléments détritiques, plurimillimétriques. Elles jaunissent à l'altération mais restent longtemps massives et cohérentes.

Au microscope, les *argilites* apparaissent constituées par un fin feutrage de minéraux phylliteux ou argileux, avec parfois pigments noirs, et fine poussière de quartz détritique subordonné. Les phyllites sont des séricites et des chlorites, mieux orientées dans le Nord-Ouest de la carte. La fraction argileuse est constituée pour parties égales d'illite et de chlorite. Les *siltites* ont même composition et texture mais les proportions de minéraux phylliteux et de quartz sont inversées, avec un grain plus gros et quelques feldspaths détritiques. Les *wackes*

comprennent une matrice silteuse assez abondante emballant des éléments détritiques plus grossiers (jusqu'à 1,5 mm), anguleux, rarement classés, parfois plus ou moins orientés, provenant de l'érosion de matériaux volcaniques et d'un socle plutonique et métamorphique. Ce sont : quartz en grains assez peu roulés, feldspath alcalin rare, plagioclase acide anguleux, muscovite plus fréquente que la biotite toujours 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). Les proportions respectives de quartz et quartzites (Q), feldspath (F) et lithiques divers (L) sont variables, les niveaux les plus fins sont les plus quartzeux, rejoignant les *siltites*. Le degré de maturité de ces roches est peu élevé : dans le diagramme triangulaire Q/F/L de Pettijohn, elles se groupent assez bien dans la zone des *wackes feldspathiques*. Les proportions moyennes des éléments détritiques sont : quartz 65 %, plagioclase 15 %, feldspath alcalin 1,5 %, quartzites et microquartzites 14 % (dont 1 % de phtanites), schistes et micaschistes 4 %, roches éruptives 0,5 %. Des *wackes* à pigment noir sont à signaler au Sud-Ouest de Saint-James entre Argouges et Vessey.

Quelques bons affleurements ont permis d'observer des figures de sédimentation : granoclassement, stratifications entrecroisées, ravinement de base de banc, rares niveaux à *slumps*. Les alternances de niveaux wackeux, silteux, argiliteux, existent à des fréquences variées : séquences millimétriques, centimétriques et jusqu'à plurimétriques, avec dominante de l'un ou l'autre des constituants. Dans tout le Nord-Ouest, le faciès le plus répandu est assez fin avec alternance centimétrique à pluri-décimétrique d'*argillites* gris foncé et *siltites* gris clair et de rares niveaux plus grossiers discontinus. Les niveaux wackeux au moins métriques sont repérables grâce à leur relative dureté qui en fait l'ossature de petits reliefs et a pu donner lieu à une ancienne exploitation locale en carrière. Il ne semble pas que l'apparente plus grande fréquence de niveaux à pigment noir observée localement, en particulier dans des *wackes*, ait une signification stratigraphique importante.

Les formations décrites sont plissées et métamorphisées (*cf. Phénomènes géologiques*), leur puissance peut être kilométrique. La distinction proposée sur la carte à 1/80 000 entre un Briovérien ancien et un Briovérien récent ne semble pas suffisamment étayée pour être retenue. Ces formations ont des caractères pétrographiques et sédimentologiques à rapprocher de ceux de la formation de la Laize en Normandie, considérée comme Briovérien supérieur. Elles sont par ailleurs antérieures à la mise en place des granitoïdes cadomiens.

ROCHES PLUTONIQUES

Granitoïdes cadomiens et tardi-cadomiens

Le grand batholite granodioritique cadomien de la Mancellia, intrusif dans le Briovérien supérieur, est représenté ici par la moitié nord d'un de ses composants, le massif de Fougères (partie occidentale du massif de Louvigné—Gorron).

On y distingue deux types pétrographiques de granodiorites qui constituent l'essentiel du massif, à part les intrusifs ultérieurs (leucogranites, dolérite, quartz) : la granodiorite à biotite et la granodiorite à biotite et cordiérite. Les

aires d'affleurement des deux faciès se présentent en auréoles autour d'une zone centrale de granodiorite à cordiérite, allongée Sud-Ouest—Nord-Est entre la Selle-en-Coglès et Monthault. Une première auréole est la zone de la granodiorite à biotite seule (avec toutefois deux réapparitions du faciès à cordiérite, au Sud-Ouest et au Nord-Est). L'auréole externe est constituée à nouveau de granodiorite à cordiérite qui apparaît souvent en îlots dans les cornéennes ou au contraire est surmontée de lambeaux de celles-ci. Cette disposition des deux faciès rappelle celle décrite dans le massif de Bonnemain plus à l'Ouest (M. Jonin, 1969). La mise en place du massif sera évoquée dans le chapitre « *Phénomènes géologiques* ». Son âge isotopique se situerait entre 580 et 617 M.A., tandis que les leucogranites qui le recourent seraient très tardicadomiens (525 M.A.) (M. Jonin, 1981).

Description des formations

γ^4 . Granodiorite à biotite. La granodiorite blanche du type Louvigné-du-Désert (M. Jonin, 1973) est une roche claire, homogène, de granulométrie moyenne (2 à 4 mm). Sa texture est isogranulaire et équante. Elle est composée de quartz en amas généralement globulaires, de feldspaths, de biotite hexagonale 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 assombrit la roche. Les enclaves, centimétriques à décimétriques, réparties de façon homogène, sont de trois types :

- enclaves microgrenues sombres, arrondies, à contact net avec la granodiorite ;
- enclaves de roches métamorphiques surmicacées et alumineuses, généralement allongées, parfois plissées et boudinées, à contact net ou diffus avec interpénétration ;
- enclaves monominérales.

γ^4_c . Granodiorite à biotite et cordiérite. Granodiorite grise, du type Vire (M. Jonin, 1973), le plus répandu dans tout le batholite, de teinte un peu plus sombre, avec granulométrie et texture analogues à celles de l'autre faciès. Elle s'en distingue essentiellement par la présence de cordiérite, très souvent en prismes de 1 à 4 mm, et de muscovite subordonnée. Les enclaves sont les mêmes que celles de la granodiorite à biotite seule, celles d'origine métamorphique sont plus abondantes.

Un faciès porphyrique, à rares phénocristaux de feldspath dans une matrice assez fine, semble être un simple faciès de bordure, localisé au toit du massif. On l'observe surtout à l'Est de la Bazouge-du-Désert, mais aussi localement ailleurs dans la même situation. Des faciès de ce type sont décrits sur la périphérie orientale du batholite (M. Jonin, 1981).

Au Nord, le petit massif isolé de Vézins—Chalandrey est constitué de granodiorite à cordiérite très chargée en grosses enclaves surmicacées. Dans sa partie occidentale il présente une variante à faciès plus fin, dure, avec bien moins d'enclaves plus petites, riche en feldspath potassique et quartz, à muscovite abondante, dont la distribution semble très irrégulière si l'on observe la dispersion des anciennes micro-carrières où elle fut exploitée. Le faciès fin est voisin de celui du granite de Dompierre-du-Chemin (feuille Fougères).

γ^2 . Leucogranites, aplites et pegmatites. Les leucogranites sont des roches blanches ou roses, surtout quartzo-feldspathiques, à micas peu abondants (avec la muscovite plus abondante que la biotite), à taches de cordiérite et de

tourmaline fréquentes. La texture est grenue à grain moyen ou aplitique, avec passage continu. Des pegmatites à deux micas et tourmaline ou des bouffées pegmatoïdes diffuses sont parfois associées à ces roches.

Description cartographique, relations entre les formations

Relations entre les granodiorites et l'encaissant. Selon les endroits, les granodiorites de l'un ou l'autre type se trouvent en contact avec le Briovérien et le thermométamorphisent. Les granodiorites ne présentent que peu de différenciations aplitiques près du contact, parfois une tendance porphyrique. Le contact du type à biotite seule est cependant parfois précédé dans le Briovérien par des filons aplitiques ou pegmatitiques issus de lui.

La granodiorite à biotite seule est cartographiée en contact avec le Briovérien dans trois secteurs ; au Sud-Ouest ainsi qu'à l'Est et au Nord-Est, le contact n'a pu être qu'approché. On constate sur certains tronçons une forte cataclase affectant les deux roches et l'abondance de filons (quartz, aplitite) dans la zone de ce contact, donc au moins en partie faillée. Au Nord-Ouest, où la limite est subconcordante avec les structures plissées du Briovérien, le contact, visible à Poelley, non faillé, est intrusif, avec diffusion irrégulière de la granodiorite dans le sédiment cornéifié. L'amplitude des irrégularités de la surface de contact est centimétrique à décimétrique.

Les conditions d'affleurement n'ont pas permis d'observer le contact de la granodiorite à cordiérite avec le Briovérien à l'Ouest ni au Sud-Est. Au Nord et au Nord-Est, le contour du massif est dans l'ensemble sécant sur la structuration du Briovérien ; le contact, observé en plusieurs points, localement franc et plan, se présente le plus souvent comme intrusif diffus, à faible pente vers l'extérieur du massif, avec interpénétration de plus ou moins grande amplitude (parfois pluridécamétrique) et zone de mélange agmatitique.

A l'échelle de la carte, l'enveloppe des surfaces de contact est, sauf accidents locaux, peu pentée, voire subhorizontale. Les auréoles de thermométamorphisme sont partout très larges autour du massif. Au Nord et à l'Est, on observe à la fois de nombreux pointements granodioritiques dans les cornéennes et des lambeaux de cornéennes flottant sur les granodiorites, à cordiérite ou non, qui peuvent donner de petits reliefs alors qu'en général la transition granodiorite-cornéenne se repère mal dans la topographie sur cette carte.

Relations entre les deux granodiorites. L'observation à l'affleurement d'un contact entre les deux granodiorites n'est pas 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. Le contour dessiné correspond à la limite d'observation macroscopique de la cordiérite, dans les conditions moyennes d'affleurement (boules éparses). L'apparition de la cordiérite se produit dans une zone de passage progressif, d'où la figuration du contact par un tracé moyen en tirets.

Il faut remarquer que pratiquement toutes les carrières actuellement exploitées pour la pierre de taille sont situées dans la granodiorite type Louvigné et que celles ouvertes dans le faciès à cordiérite (20 % des anciennes carrières) n'ont jamais eu d'extension importante. Ceci est à relier avec l'altération différentielle des deux faciès. La progressivité du passage de l'un à l'autre est illustrée par le fait que la granodiorite à cordiérite affleure mieux à proximité (hectométrique) de l'autre, donnant des boules généralement plus petites que celles qui résultent de l'altération des faciès à biotite seule. Le paysage tourmenté, à

petites collines abruptes, qui sont chacune formées d'énormes boules de granodiorite type Louvigné s'oppose au relief plus mou résultant de l'altération plus profonde du faciès de Vire (jusqu'à 30 m d'arène).

Leucogranites, aplites, pegmatites. Des leucogranites apparaissent en petits massifs passant à des filons aplitiques ou comportant des variations aplitiques, et plus rarement des bouffées pegmatitiques.

Plusieurs systèmes filoniens recoupent les deux faciès de granodiorite et même parfois les cornéennes au-dessus, comme c'est le cas dans le Nord-Est où une masse leucogranitique de forme complexe située autour de Saint-Brice-de-Landelles se poursuit au Sud-Est et surtout vers l'Ouest par plusieurs filons d'aplite parallèles à la limite des deux granodiorites et proches de celle-ci, orientation et localisation assez fréquentes des filons d'aplite dans le massif. Un autre groupe important de ces roches se trouve autour du Ferré. Un troisième, près du château de Bonteville, en Montours, constitue principalement un pointement subcirculaire d'environ 500 m de diamètre de leucogranite aplitique à cordiérite associé à des aplites et pegmatites, dont il existe un essaim plus au Sud.

Étude pétrographique

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

Granodiorite à biotite seule. Elle 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 %
	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 albiti-

ques en veine 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 liseré 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 clivages des biotites. La chloritisation, peu intense (sauf dans des faciès hydrothermalisés et cataclasés), s'accompagne de l'exsolution d'ilménite et de sphène.

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

— *Le zircon* est assez abondant, 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.

Granodiorite à biotite et cordiérite. De texture hypidiomorphe grenue, elle 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 %
	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 également en lames indépendantes ou interstratifiées

avec la biotite ; on observe aussi souvent 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.

Dans le faciès fin de Vézins, on note une abondance relative de muscovite. Le feldspath potassique, parfois en phénocristaux, est plus fréquent que dans le faciès normal ; il peut être associé au quartz, formant alors des micropegmatites.

Enclaves des granodiorites. Trois types d'enclaves communes aux granodiorites intrusives ont été observées dans les deux faciès : — *enclaves microgrenues sombres* ; — *enclaves d'origine métamorphique* ; — *enclaves monominérales*.

• **Les enclaves microgrenues sombres** ont une texture à tendance doléritique (microlattes de plagioclase entrecroisées) et montrent des compositions de microdiorites quartziques :

- quartz xénomorphe moulant les autres minéraux ;
- *andésine* (An 35-45) en lattes automorphes ou subautomorphes souvent corrodées par un liseré 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.

Ces enclaves représentent des éléments de roches antérieures plus basiques que les granodiorites, qui ont pu être incorporées par ces dernières sous forme de *bulles* de magma immiscible.

• **Les enclaves d'origine métamorphique.** Les fragments de cornéennes enclavés dans la granodiorite de la zone de contact ne présentent pas de caractère particulier et ont une origine proche évidente. Les enclaves surmicacées 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 minerai principal. Ces enclaves sont particulièrement abondantes dans le faciès à cordiérite de la granodiorite.

• **Les enclaves monominérales** sont des nodules de quartz, mais rappelons que des monocristaux centimétriques de sillimanite (avec cordiérite et spinelle) ont été observés sur la carte Fougères dans le même massif. *Quartz* et *sillimanite* sont des résidus infusibles provenant d'une croûte métamorphique assimilée par les granodiorites. L'origine semble la même que pour les enclaves surmicacées alumineuses en partie seulement assimilées par le magma.

Leucogranites, aplites et pegmatites. Ces roches sont de texture très variable (aplitique, hypidiomorphe grenue, cloisonnée avec albite intergranulaire, micropegmatitique Q-FK et graphique), mais de composition minéralogique toujours caractérisée par le fait que quartz, feldspath alcalin et albite représentent plus de 90 % du total des minéraux :

- *quartz et feldspath alcalin* perthitique (veines, taches et films) sont généralement dominants ;

- *l'albite (An 5-10)* est présente en quantité variable : tantôt elle forme une trame intergranulaire, tantôt elle s'individualise en cristaux automorphes ;
- *la muscovite* est en lamelles automorphes groupées en palme ou en lamelles blastiques ;
- *la biotite* est toujours chloritisée ;
- *un mica lithinifère* a été observé dans un échantillon de Saint-Brice-de-Landelles ;
- *la cordiérite* est en cristaux prismatiques, pinitisée ou muscovitisée ;
- *l'andalousite* a été signalée, muscovitisée ;
- *la tourmaline* est toujours abondante en baguettes aciculaires.

Étude géochimique

Elle a porté sur 29 échantillons : 18 de granodiorite à biotite seule, 11 du faciès à cordiérite, provenant de points du massif situés sur cette feuille ou sur celle de Fougères. Leurs compositions moyennes en éléments majeurs, dosés par les procédés chimiques classiques, sont données dans le tableau en annexe à cette notice. Les résultats bruts montrent que :

- *les teneurs en calcium* sont faibles pour des granodiorites, surtout dans le faciès à cordiérite qui se distingue nettement par sa richesse en aluminium par rapport au sodium et au calcium ;
- *le fer et le magnésium* sont abondants, la granodiorite à cordiérite se caractérisant par une plus forte teneur en magnésium ;
- *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 seule* montre un chimisme intermédiaire entre le pôle granodioritique et celui des granites monzonitiques. Sa richesse en fer et magnésium explique le mode granodioritique, la biotite remplaçant en quelque sorte le feldspath potassique.
- *la granodiorite à cordiérite* a une composition de granite monzonitique qui s'oppose à un mode granodioritique net, conditionné par la richesse en fer et magnésium, et par l'existence de muscovite secondaire formée aux dépens du feldspath alcalin.

Du point de vue génétique, la granodiorite à biotite paraît être le produit d'une évolution magmatique calco-alcaline banale. Par contre, le faciès à cordiérite montre des compositions qui s'écartent nettement du domaine des granitoïdes communs et de la lignée calco-alcaline. L'hypothèse d'un magma identique pour les deux granodiorites paraissant très probable par ailleurs, 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 du magma par assimilation de matériel crustal métasédimentaire semble logique. Ce processus conduit à considérer le faciès à cordiérite comme constituant la partie supérieure du batholite ; il est indépendant de la mise en place finale des granodiorites qui amène l'un ou l'autre des faciès au contact du Briovérien supérieur encaissant.

Étude géochronologique

Granodiorites. Aucune mesure de géochronologie isotopique n'a été faite sur des échantillons provenant de la feuille Saint-Hilaire-du-Harcouët. Les âges calculés sur des mesures faites dans d'autres éléments du batholite manceau sont assez dispersés. Les résultats obtenus par M. Jonin et P. Vidal (1975) en roche totale par la méthode Rb/Sr, sur des échantillons du massif de Vire—Carolles, recalculés (M. Jonin, 1981), donnent un âge de 617 M.A. \pm 12 M.A. avec un rapport initial 87 Sr/86 Sr de $0,7025 \pm 0,0004$. L'isochrone est définie par deux groupes distincts de points ; le groupe inférieur correspond à un faciès de chimisme particulier, qui, s'il n'est pas cogénéétique des granodiorites normales de l'autre groupe, amène à considérer un âge moins élevé pour la mise en place des granodiorites normales, soit 580 M.A., avec un rapport initial plus élevé (0,707 environ).

L'unité du batholite est admise par ailleurs et les données isotopiques d'échantillons provenant d'autres massifs du batholite, dont un du massif de Louvigné—Gorron (feuille Fougères), ont été reportées sur les isochrones établies pour Vire et se distribuent aussi bien sur les isochrones 617 que 580 M.A.

Quoiqu'il en soit, l'âge cadomien, fini-protérozoïque de ces granodiorites est confirmé. Le rapport isotopique initial indiquerait une origine profonde, infracrustale à mantellique, pour le magma granodioritique.

Leucogranites. L'âge obtenu par M. Jonin et P. Vidal (1975) sur des leucogranites, aplites et pegmatites (dont une du massif de Fougères), recalculé (M. Jonin, 1981), est désormais 525 ± 6 M.A. avec un rapport initial de $0,716 \pm 0,002$. Cet épisode magmatique franchement crustal, très postérieur à la mise en place des granodiorites, serait immédiatement antérieur à la base du Cambrien (Tommotien), si l'âge de cet étage est bien celui (530 ± 10 M.A.) qui ressort des études récentes (Odin et Gale, 1982) et non plus 570 M.A. (colloque Holmes, 1967).

ROCHES THERMOMÉTAMORPHISÉES

Les formations sédimentaires détritiques d'âge briovérien, dans lesquelles les granitoïdes cadomiens sont intrusifs, ont été thermométamorphisées par cette intrusion, dans la zone située au contact des granitoïdes. Des schistes tachetés constituent l'auréole de métamorphisme de contact la plus externe, des cornéennes constituent l'auréole la plus interne.

b₂ (γ) et b₂ γ . Schistes tachetés. Les caractères lithologiques et les différentes figures de sédimentation sont parfaitement conservés à ce stade du métamorphisme de contact, qui ne donne aucune modification dans la morphologie d'ensemble du terrain.

La première manifestation est l'apparition de blastes de chlorite qui forment de petites taches vertes dans les *argillites* et les niveaux de *siltites* fines b₂ (γ). Puis les taches deviennent plus abondantes, plus sombres et plus grosses en se rapprochant des granitoïdes, et l'ensemble des niveaux silteux est affecté : b₂ γ . Les taches montrent alors des formes de baguettes (1 à 1,5 cm \times 0,2 cm) à section hexagonale. Une certaine orientation planaire est fréquente. Les faciès wackeux ne présentent guère de modifications évidentes, sauf près 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 et chlorite. Le quartz est en petits grains. Deux types de taches sont distingués : — *amas chloriteux* de lamelles de chlorite vert pâle [b₂(γ)] ; — *blastés de cordiérite* pinitisée et séricitisée, certains individus montrant une section hexagonale où subsistent des extinctions par secteurs rappelant les macles en roue. A la cordiérite est associée de la biotite verte, rétromorphosée en un interstratifié vermiculite-chlorite, forme de basse température pauvre en titane (b₂γ) ; — la tourmaline est assez fréquente en baguettes allongées non orientées.

Les faciès grossiers ne montrent pas des textures très différentes des faciès non affectés, sauf dans la zone de passage aux cornéennes, où le quartz commence à recristalliser. Dans cette zone apparaît aussi de la cordiérite et parfois, dans la frange la plus rapprochée des cornéennes, des lamelles de muscovite tardive.

(b₂) γ. **Cornéennes.** Ce sont ici des roches ayant, au moins presque totalement recristallisé sous l'effet du thermométamorphisme. Elles constituent la partie la plus interne de l'auréole de contact. Leur résistance à l'érosion leur donne souvent une position dominante dans la topographie, surtout au Nord et à l'Est. La limite avec les schistes tachetés est marquée par une rupture de pente franche très continue, sauf dans des zones à faciès silteux plus homogène où ce phénomène est moins net (Carnet ou Virey-Vézins). Les vallées encaissées dans les cornéennes, à flancs abrupts, s'élargissent en général dès qu'elles pénètrent dans la zone des schistes tachetés.

A l'affleurement, les cornéennes se reconnaissent à leur aspect plus cristallin et micacé, leur dureté ou bien leur altération rougeâtre. De nombreuses bouffées de quartz d'exsudation donnent d'abondantes pierres volantes dans les champs. La roche est fréquemment rubanée ou litée, car, malgré la recristallisation, la lithologie est conservée : — les niveaux quartzo-feldspathiques à cordiérite peu abondante correspondent aux lits wackeux ; — les niveaux à cordiérite dominante et muscovite abondante correspondent aux lits silto-argiliteux.

Au microscope, les niveaux quartzo-feldspathiques montrent une texture mosaïque polygonale fine associant quartz et plagioclases recristallisés. La cordiérite, toujours pinitisée, apparaît en plages amiboïdes. La biotite de haute température, riche en titane, en courtes lamelles brun-rouge, irrégulièrement chloritisée, peut montrer une certaine orientation. La muscovite, généralement peu abondante dans ces niveaux, est en lamelles blastiques se développant surtout aux dépens de la cordiérite. On note de petits prismes dispersés de tourmaline et de fréquents zircons résiduels. Les niveaux silto-argiliteux sont constitués essentiellement de cristaux trapus, parfois presque jointifs, de cordiérite pinitisée et de lamelles de biotite brun-rouge parfois chloritisée, plus ou moins orientées. La muscovite est très abondante, le plus souvent en lamelles blastiques tardives. Quartz et plagioclase sont accessoires, en petits cristaux trapus dans un assemblage mosaïqué isogranulaire fin. La tourmaline est très fréquente, la pyrite et, localement, d'autres sulfures ont été signalés. Certains échantillons provenant de la zone la plus interne de l'auréole sont riches en feldspath potassique parfois finement perthitique, en cristaux pœcilitiques associés à la cordiérite. A proximité même des granitoïdes, la texture de la cornéenne devient polygonale équante quartzo-feldspathique, avec bouffées nébulitiques de minéraux noirs. Le métamorphisme de contact observé se situe donc dans le « *hornblende hornfels facies* » de Winkler et atteint parfois le « *K feldspar-cordierite hornfels facies* ».

Un seul échantillon, proche du granite, a montré de l'andalousite en cristaux trapus, subautomorphes, non altérés alors que la cordiérite voisine est totalement pinitisée et muscovitisée. En règle générale, ce minéral ne se forme pas dans les cornéennes de la région.

ROCHES FILONIENNES

Ce sont les filons de dolérite et les filons de quartz. De nombreux filons de puissance et continuité très diverses ont pris place dans les fissures du vieux craton cadomien au cours de son histoire. 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 les blocs et boules éparses qui en proviennent. Ces filons, intrusifs aussi bien dans le Briovérien que dans le batholite, sont surtout développés dans ce dernier.

ε. Dolérite. Les filons de dolérite sont assez localisés. Le plus important et continu passe à Monthault et est orienté N 150 °E. De puissance décamétrique, il se suit sur 20 km, avec toutefois quelques décalages en échelon aux extrémités ; surtout visible dans le massif granodioritique, il recoupe aussi le Briovérien au Nord-Ouest. D'autres systèmes de filons moins développés se trouvent au Nord-Est du précédent, et sont d'orientation plus proche de la méridienne. C'est aussi le cas de ceux du Sud-Ouest du massif, terminaison nord du grand filon de la Chapelle-Saint-Aubert (feuille Fougères).

La roche, noir verdâtre, à grain fin, homogène, dure, se débite en boules et s'altère en un produit argileux d'un rouge violacé caractéristique. La texture est diabaso- à granulo-aplitique, 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 en amphibole pâle, transformation de ce minéral en association 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, beaucoup moins fréquents ici que dans certaines zones, sont réputés dater de la limite dévonien-dinantien, s'étant mis en place à la faveur de la fracturation du socle cadomien lors de la phase bretonne hercynienne.

Q. Quartz. Le plus important est le filon de Montours, orienté Nord—Sud, qui traverse pratiquement tout le massif de Fougères, sur près de 25 km. Sa puissance moyenne est d'une vingtaine de mètres, les tronçons massifs étant reliés par des traînées cataclasées. Son prolongement vers le Nord, que l'on peut suivre dans le Briovérien jusqu'au moins la limite de la carte près de Juilley, est surtout marqué par une étroite bande cataclasée à brèche quartzreuse. D'autres filons moins continus et moins puissants, orientés de Nord—Sud à N 160 °E, eux aussi subverticaux, sont fréquents sur toute la feuille.

Le quartz est toujours laiteux à grisâtre, peu minéralisé, localement bréchi-que. Tous ces filons peuvent être d'âges divers, certains en relation avec le petit graben tertiaire de Landéan—Parigné.

FORMATIONS TERTIAIRES ET QUATERNAIRES

Formations tertiaires

e7-g1. **Ludien-Sannoisien. Argiles de Landéan.** Les seules formations d'âge tertiaire de la feuille sont déposées dans ce petit bassin dont la moitié sud est sur la feuille Fougères. Cet étroit fossé est drainé actuellement par le Nançon sur les communes de Parigné et Landéan. De couleur noire, blanche ou verte, ces argiles, dont l'épaisseur peut atteindre 40 m (les 30 derniers mètres du sondage de 71 m, 247-8-28, sont dans les arènes granitiques et la granodiorite altérée), sont constituées à la base par de la kaolinite (remaniement d'arènes) et au sommet par un mélange montmorillonite-attapulgite avec illite et kaolinite. Des meulière ont été signalées dans ces argiles : *M.*

Les argiles contiennent une flore et une faune de mollusques dont la signification et l'âge (fin Éocène ou Oligocène ?) ont été discutés. D'après les études les plus récentes (R. Rey, 1960 ; C. Cavelier, 1979), les influences saumâtres sont indéniables dans ce dépôt initialement interprété comme d'origine lacustre, et l'argile de Landéan se range dans le Sannoisien, au niveau des argiles vertes de Romainville selon R. Rey, ou au niveau des marnes blanches de Pantin (fin Ludien) selon C. Cavelier, de toute façon à la transition Éocène-Oligocène.

Les argiles sont recouvertes par des sables grossiers, peu émoussés, rubéfiés, et conservés uniquement au contact de la falaise granitique, comme le montre un sondage à 8 m, au Sud de la ferme des Mâts. La partie supérieure des sables a été silicifiée et donne des blocs de grès (*S*) visibles à côté du sondage dans l'ancienne carrière devenue terrain de tir aux pigeons, ainsi que sur la feuille Fougères. L'âge de ces silicifications est donc vraisemblablement sannoisien à stampien. Le faciès ressemble à celui des grès de Montmartin (feuille Coutances) avec une coloration jaunâtre de surface et un matériel détritique également peu émoussé.

Formations quaternaires

Fx, Fw, Fv. **Alluvions anciennes.** Au niveau de Saint-Hilaire, des lambeaux étagés peu épais de nappes fluviales grossières, périglaciaires, subsistent. Constitués par des graviers et des cailloux émoussés de cornéennes et de granites (altérés) ils sont emballés dans une matrice qui devient argileuse, brun-rouge, kaolinique pour Fw et Fv. Dans le méandre de Saint-Hilaire, les graviers des alluvions de fond Fy, recouverts par les alluvions fines holocènes Fz, sont d'âge weichsélien ; les alluvions Fx recouvertes par les loess weichséliens et situées un peu au-dessus de la plaine alluviale sont probablement d'âge saalien ; quant aux alluvions plus anciennes Fw et Fv, on ne peut leur attribuer un âge exact (Pléistocène moyen à inférieur).

Fy. **Graviers de fond.** Alluvions fluviales weichséliennes recouvertes par les alluvions récentes et n'affleurant pas. Peu épaisses, leur puissance ne dépasse pas 2 m dans le méandre de Saint-Hilaire. Dans la vallée principale, la Sélune, elles sont très grossières (graviers, blocs).

Fz. **Alluvions récentes fluviales, post-weichséliennes.** Peu épaisses (en général moins d'un mètre), elles sont essentiellement limoneuses dans la zone des loess et sablo-argileuses dans la partie nord-ouest de la carte à sables

éoliens weichséliens. Elles dérivent surtout des sédiments éoliens weichséliens et, dans une moindre mesure, des formations d'altération des granites et des schistes.

Localement, dans les têtes de vallées, on observe de la tourbe en général peu épaisse (moins de 50 cm).

Ny. Sables éoliens weichséliens. Faciès sableux des sédiments éoliens weichséliens, déjà signalés dans les zones littorales (feuilles Granville, Mont-Saint-Michel). Sables fins (médiane 150 à 250 μ), bien classés, éolisés et associés à des cailloux de quartz éolisés, très peu épais (moins de 1,5 m), surtout localisés dans les vallons. Sur les interfluves, ils sont restreints à de petits placages protégés dans de petites poches ou dépressions, et leur cartographie est très aléatoire. Au contact de la zone des loëss (Nord-Ouest de Saint-James), ils passent latéralement à des sables limoneux ou à des loëss sableux avant de devenir de véritables loëss, mais la transition est rapide.

En dehors des quartz, ils contiennent des minéraux lourds : épidote, amphibole, grenat.

OEy. Loëss weichséliens-wurmien. Limons éoliens de faciès normand : limons bruns à brun-jaune, micacés, non carbonatés, fréquemment lités qu'on appelle « limons à doublets ». Ce faciès de limons à doublets se distingue surtout lorsque le loëss est épais ; sinon le faciès est celui d'un limon brun à taches grises plus ou moins nettes et à fines concrétions noires ferro-manganiques.

Ils sont présents sur toute la carte, excepté au Nord-Ouest (faciès sableux) ; on les observe surtout sur les interfluves et replats à faible pente, et parfois au pied des versants. Leur épaisseur, maximum au niveau d'une ligne Virey—Saint-James—Cogles (2 à 4,5 m), décroît nettement vers le Sud-Est en même temps que leur extension qui devient très sporadique. Néanmoins on retrouve partout ce matériel limoneux, même en dehors des zones cartographiées en loëss, mélangé avec le substrat altéré (arène) ou formant une mince pellicule. Seuls les placages ayant au moins un mètre d'épaisseur ont été cartographiés.

Au point de vue sédimentologique, la granulométrie est typiquement éolienne : médiane vers 25 μ , classe 2 - 50 μ nettement dominante, teneur en argile 12 à 20 %, fraction sable inférieure à 15 % et constituée essentiellement de sables fins (excepté au contact avec le substrat altéré). La kaolinite et l'illite sont les argiles dominantes. L'épidote, l'amphibole et le zircon constituent les minéraux lourds les plus abondants. Mais le quartz est le minéral largement majoritaire : on relève aussi une faible proportion de feldspath et la présence, en proportion variable, de muscovite.

Au sommet des loëss s'est formé le sol brun lessivé post-weichsélien, assez peu développé (par rapport à la campagne de Caen et à la Haute-Normandie), et à tendance hydromorphe (lorsque le loëss est peu épais).

L'âge de ces loëss est weichsélien. Cette couverture loëssique s'intègre à la nappe des loëss du Bocage normand (voir feuilles Granville, Mont-Saint-Michel) qui est raccordée (J.-P. Lautridou, 1980) aux stratotypes de Haute-Normandie (Saint-Romain, Mesnil-Esnard). La séquence weichsélienne comporte de bas en haut : limon argileux ou argilo-sableux (mélange avec les altérites) du Weichsélien (Wurmien) ancien, puis deux loëss du Pléniglaciaire moyen et du Pléniglaciaire supérieur séparés par le Sol de Kesselt (29 000 B.P. environ). Le plus souvent, le loëss inférieur est totalement érodé au niveau du Sol de Kesselt. On a donc en général un loëss du Pléniglaciaire supérieur reposant sur un limon plus ou moins homogène du Weichsélien ancien ou sur le substrat sain ou altéré.

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

MÉTAMORPHISME

Métamorphisme régional

Les formations briovériennes ont subi un métamorphisme régional faible, épizonal, qui ne masque pas leurs caractères et figures sédimentaires. On observe en lame mince des séricites et chlorites souvent vermiculaires, parfois mieux cristallisées. Ces phyllites sont plus ou moins orientées ; au Nord-Ouest cette orientation détermine une schistosité observable localement à l'œil nu et mesurable.

Thermométamorphisme cadomien

— Définition et répartition des isogrades

Trois isogrades ont pu être définis et tracés sur la carte :

— *le premier* marque la limite externe du thermométamorphisme nettement identifiable sur le terrain. Minéralogiquement, il se traduit par l'apparition de blastes de chlorite dans les niveaux fins argilo-silteux : b2 (γ) ;

— *le second* se traduit par l'apparition de la cordiérite en cristaux blastiques et la disparition des blastes de chlorite. Le fond de ces roches contient séricite, biotite verte et chlorite : b2 γ ;

— *le troisième isograde* indique l'apparition de biotite brun-rouge ainsi que celle de muscovite blastique rétrograde. On observe aussi la disparition de la chlorite et la cordiérite devient très abondante : (b2) γ. A l'approche des granitoïdes, on observe parfois des feldspaths alcalins, mais trop localisés pour que l'on puisse tracer un isograde.

La pente du toit des massifs de granodiorite, l'angle que fait le plan du contact avec le plan axial des plis de l'encaissant, la tectonique postérieure, sont parmi les facteurs qui conditionnent la largeur des zones de l'auréole de contact. Il en résulte ici :

— *au Sud-Ouest* l'amorce d'un isthme de cornéennes qui s'étend vers l'Ouest en direction du massif granodioritique de Bonnemain, autre élément du batholite cadomien ;

— *au Nord-Ouest* l'extension de l'auréole qui mesure environ 5 km (dont : cornéennes 2,5 km, schistes tachetés à cordiérite 2 km, schistes tachetés à chlorite 0,5 km). Les petits massifs satellites du Nord ne sont que des protrusions à la surface du massif car ils ne modifient que le tracé des cornéennes et non la limite externe du thermométamorphisme, cette disposition étant accentuée par la tectonique ultérieure en gradins ;

— *au Nord-Est*, les cornéennes affleurent sur une bande de 4 km de largeur et la zone des schistes tachetés à cordiérite s'étend au-delà de la carte. Là aussi, il faut considérer la proximité des granodiorites sous-jacentes vers le Nord avec un toit à faible pente ;

— *à l'Est*, les cornéennes sont seules présentes, sur le territoire de la feuille, en lambeaux flottant au toit des granodiorites.

Le métamorphisme de contact observé se situe dans le « *hornblende hornfels facies* » de Winkler et peut atteindre parfois le « *K feldspar-cordierite hornfels facies* ».

STRUCTURATION, HISTOIRE TECTONIQUE

La disposition actuelle des formations de la feuille est le résultat d'une succession d'événements tectoniques qui ont affecté la région, depuis le Précambrien. Les déformations subies, toujours relativement superficielles, ont débuté par des plissements dans un niveau structural moyen, atteignant juste le front de schistosité, et se sont poursuivies par des fractures dans un ensemble devenu précocement socle rigide.

Phase cadomienne

Les sédiments briovériens sont affectés par au moins une phase de déformation intense : plis peu ouverts, déci- à décamétriques, déformant la stratification (S_0), de plan axial N 45° E - 80° NW et d'axe plongeant faiblement au Nord-Est (en moyenne sur 470 mesures). Au Nord-Ouest, on observe une schistosité (S_1) plan axial de ces plis, dont l'intensité décroît puis disparaît progressivement vers le Sud-Est, vers le massif des granodiorites qui s'est donc mis en place dans la zone d'apparition de la schistosité. La dispersion des linéations S_1/S_0 et le fait que quelques axes de plis soient plus pentés, ou bien plongent au Sud-Ouest dans la partie sud ouest suggèrent une phase antérieure de déformation sans schistosité, à moins que les basculements tectoniques ultérieurs ne jouent un rôle dans ces irrégularités. Dans les roches thermométamorphisées, on retrouve les mêmes éléments structuraux, plus nets dans les schistes tachetés que dans les cornéennes, où seuls des plis déformants S_0 sont encore visibles. Selon les régions, on constate des variations par rapport à la moyenne citée pour le plan axial des plis qui évolue du Sud-Ouest au Nord-Est avec successivement : N 45° E - 60° NW, N 50° E - vertical, N 70° E - 85° N.NW, N 70° E - 60° N.NW, dans le coin nord-ouest on a par contre N 30° E - vertical.

L'observation des relations blastèse - schistosité permet d'établir le caractère synchrone de la déformation régionale et du thermométamorphisme, lié à la mise en place de la granodiorite. Ainsi, dans les schistes tachetés, la croissance des blastes de chlorite et cordiérite s'est effectuée pendant la schistogénèse régionale. La schistosité de flux S_1 est définie par l'orientation préférentielle planaire des phyllites et par l'aplatissement des grains de quartz détritique. Dans les cornéennes, la recristallisation statique et la blastèse de muscovite sont postérieures à la schistogénèse, qui se trouve donc encadrée par les manifestations du métamorphisme de contact. Il est remarquable de constater le quasi-parallélisme entre : le grand axe des zones en auréoles où l'on trouve successivement les deux faciès de granodiorite, l'allongement du massif, et la structuration régionale du Briovérien. Au sein du massif, une très faible fluidalité planaire subverticale présente un maximum de même orientation.

Fracturation tardive dans le socle cadomien

Cette fracturation est le produit d'une tectonique cassante polyphasée, dont l'étude a été facilitée dans les granodiorites par les mesures possibles dans les nombreuses carrières. Ses manifestations ont été également observées dans le Briovérien encaissant. La représentation cartographique de ces fractures tient compte d'observations de terrain et de l'interprétation des linéaments visibles sur photos aériennes.

Cinq grandes familles de fractures subverticales, de beaucoup les plus fréquentes, ont été mises en évidence tant à l'échelle de la carte qu'au niveau de l'affleurement.

— *les fractures de direction N 150° E (± 20°)* sont les plus nombreuses, les mieux réparties et sont parfois jalonnées par des mylonites. Elles se disposent en relais, constituant des couloirs de fracturation sur de longues distances et une largeur pouvant atteindre le kilomètre. Entre deux couloirs, la densité de ces fractures est bien plus faible. On peut compter sur cette carte cinq couloirs de ce type, du Nord-Est au Sud-Ouest : (1) qui affecte l'extrémité nord-est du massif et contient des dolérites, (2) où se trouve le grand filon de dolérite de Monthault, (3) qui contient le bassin tertiaire de Landéan—Parigné, (4) passant par Montours et Servon, (5) qui contient le filon de dolérite de la Chapelle-Saint-Aubert (feuille Fougères) et passe par Montanel et Vessey ;

— *les fractures N 30° E (± 20°)* sont assez bien représentées à l'Ouest mais se développent surtout dans la partie orientale du massif, à l'Est d'un couloir (du milieu de la carte au Sud vers Villamée, Saint-Brice et au-delà) marquant sans doute une discontinuité importante ;

— *les fractures nord-sud (± 10°)* sont souvent soulignées par des filons de quartz ;

— *les fractures N 80° E (± 20°) et N 110° E (± 10°)* peu fréquentes sont notables surtout au Sud et moins nettement au Nord du massif.

Trois phases principales de fracturation ont pu être individualisées :

— *la 1^{re} phase, de compression*, d'axe de raccourcissement nord-sud, est responsable de la formation de fractures N 150° E dextres et N 30° E senestres, conjuguées dans un système cisailant. Les principaux filons de quartz verticaux nord-sud peuvent avoir pris place dans des fentes d'extension liées à cette phase ;

— *la 2^e phase, de compression*, moins marquée ici, d'axe de raccourcissement est—ouest, est responsable des cisaillements conjugués N 80° E dextres et N 110° E senestres et du rejeu dans l'autre sens des fractures de 1^{re} phase, en particulier les accidents N 30° E localement amplifiés (au Sud-Est) ;

— *la 3^e phase, de distension*, d'axe d'allongement N 60° E, qui a fait rejouer en failles normales les fractures précédentes et surtout N 150° E avec la formation du fossé où s'est déposé le bassin tertiaire. Les ultimes rejeux sont responsables de la morphologie en escaliers de l'ensemble.

L'étude de la carte Fougères, qui contient un tronçon du synclinal paléozoïque nord-armoricain, montre que la 1^{re} phase pourrait être le retentissement dans le socle cadomien de la phase de plissement varisque du Paléozoïque. La 2^e phase serait responsable des cisaillements plus ou moins chevauchants est—ouest avec rebroussements nord-est dans le Paléozoïque, ces rebroussements se poursuivant dans le socle par les accidents N 30° E réactivés. Dans ce schéma il faudrait admettre une phase antérieure à ces trois phases-ci, et du type de la troisième, qui aurait permis la mise en place des dolérites, si celles-ci sont bien dévono-dinantiennes.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

En dehors des zones alluviales, les ressources aquifères se trouvent essentiellement dans les zones arénisées des granitoïdes. L'existence de ressources importantes en eaux souterraines dans le socle, attestée par les nombreuses 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 disponibles considérables. Leur exploitation se fait soit par des puits, soit par des réseaux de drains posés à la base de la couche arénisée. Dans la zone centrale au Sud de la carte, le bassin versant de la haute Loisançe est exploité depuis 1875 pour l'alimentation en eau de Rennes ; 40 000 ha (surtout sur la feuille Fougères) sur 4 à 6 m d'épaisseur d'arènes, dans les deux faciès, donnent un débit de 1,5 à 11 m³/j/ha.

De nombreuses sources, exploitées localement dans les granitoïdes ou le Briovérien, ont un débit de 1 à 2 l/s.

L'augmentation constante des besoins en eau, et singulièrement la sécheresse de 1976, ont conduit à s'intéresser aux eaux souterraines contenues dans le socle. 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, 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. Sur la carte, au Sud de Montours, une série de forages d'essai de 70-76 m dans la granodiorite à biotite a donné un débit instantané de 3 à 22 m³/h. A Louvigné-du-Désert (la Crochunais) un forage de 46 m a été exploité en 1976 à 30 m³/h. Les ressources en eau souterraine du massif de Fougères ont été estimées à 5 l/s/km² en moyenne. Les zones fracturées dans les cornéennes devraient aussi fournir de bons résultats.

RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES

Minéralisations

Aucun indice de minéralisation n'est notable en roche. Dans les minéraux d'alluvions, on remarque un peu d'or dans le Briovérien au Nord-Ouest, des traces de cassitérite et plus rarement de topaze en relation avec les leucogranites, de Landelles en particulier.

(*) Cet aquifère peut être facilement atteint par des forages à une centaine de mètres de profondeur, grâce à la technique du marteau fond-de-trou.

Roches

Les arènes granitiques, les terres à foulon de Parigné, ainsi que toutes les roches dures : *wackes* briovériennes, granitoïdes, schistes tachetés et cornéennes, dolérite et quartz, ont été autrefois exploitées dans de très nombreuses petites carrières pour l'usage local. Les études en vue d'une utilisation moderne des argiles bentonitiques de Parigné n'ont pas donné de résultats concluants, l'irrégularité de leur répartition et les qualités techniques moyennes mesurées en étant la cause. Les arènes granitiques (**are**) restent les seuls de ces matériaux encore exploités pour le sablage des chemins et cours (près de la Touche en Saint-Brice-de-Landelles).

grn. Granite. Une tradition déjà ancienne d'exploitation pour pierre de taille des granodiorites du massif de Fougères se perpétue de nos jours dans deux *bassins granitiers* du faciès à biotite. La granodiorite à cordiérite, moins affleurante et de qualités moindres, n'a jamais été beaucoup exploitée et ne l'est pratiquement plus.

Au Sud-Ouest, le *bassin granitier du Coglès*, qui s'étend sur les deux cartes Fougères et Saint-Hilaire, n'est plus exploité sur cette dernière.

A l'Est le *bassin granitier de Louvigné-du-Désert* comptait encore (J.-P. Clément, 1977) une quarantaine de carrières en activité, généralement petites, presque toutes dans l'Ille-et-Vilaine (citons dans la Manche le Rocher d'Atré près de Saint-James). Malgré un fléchissement du marché des pavés et bordures de trottoir, c'est encore un des principaux débouchés du bassin. Mais le *granit de Louvigné*, gris clair à bleuté, à grain moyen, homogène, avec assez peu de *crapauds*, prend un bon poli et est aussi utilisé pour la construction (pierres d'angle, encadrements), la décoration (cheminées, bancs, tables) et 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. Ce type de roches peut être utilisé comme granulats présentant des caractéristiques mécaniques excellentes, qui répondent aux spécifications les plus sévères des techniques routières.

Une seule carrière est encore en exploitation : Termont (au Sud-Ouest de Saint-Hilaire). Si l'on considère l'étendue de l'auréole des cornéennes, les réserves potentielles paraissent très importantes.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

Dans le *Guide géologique régional Bretagne* par S. Durand, 1977, Masson, Paris, l'itinéraire 1 : le Pays de Dol traverse la carte et cite la carrière de granite de la Piochais près de Louvigné.

BIBLIOGRAPHIE

BERTHOIS L. (1930) — Étude des minéraux lourds du massif de granite de Fougères (Ille-et-Vilaine). *C.R. Acad. Sci., Sec. AB*, 190, p. 755-757.

- CASTAING C., 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.
- CAVELIER C. (1979) — La limite Éocène—Oligocène en Europe occidentale. *Sci. géol.*, Strasbourg, Mém. n° 54, 280 p.
- CHOUX J. (1959) — La cuvette de Landéan (Ille-et-Vilaine). Étude des sédiments et des formations résiduelles. *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, 2, p. 1-34.
- CLÉMENT J.-P., DADET P. (1976) — Recherche d'argiles en Bretagne. Rapport B.R.G.M. 76 SGN 342 BPL, 22 p. + ann. et pl. h.-t.
- CLÉMENT J.-P. (1977) — Cartographie des zones où des gisements de granites 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., 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., WRIGHT A.-E. (1980) — L'orogène cadomien. 26^e Congrès géologique international, Colloque C 6, p. 29-55, Paris.
- DURAND S. (1959) — Examen palynologique des argiles sannoisiennes de Landéan (Ille-et-Vilaine). *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, 2, p. 71-80.
- DURAND S. (1960) — Le Tertiaire du Massif armoricain. Étude stratigraphique, sédimentologie et tectonique. *Mém. Soc. géol. minéral. 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.
- GRAINDOR M.-J. (1957) — Le Briovérien dans le Nord-Est du Massif armoricain. *Mém. Expl. Carte géol. Fr.*, 211 p., Paris.
- JONIN M. (1969) — Étude pétrographique du massif granitique de Bonnemain (Massif armoricain français). Thèse 3^e cycle, 87 p., Clermont-Fd.
- JONIN M. (1973) — Les différents types granitiques de la Mancellia et l'unité du batholite manceau (Massif armoricain). *C.R. Acad. Sci.*, 277, p. 281-284, Paris.
- JONIN M., VIDAL P. (1975) — Étude géochronologique des granitoïdes de la Mancellia (Massif armoricain, France). *Can. J. Earth Sci.*, 12-6, p. 920-927.
- JONIN M. (1981) — Un batholite fini-précambrien : le batholite manceau (Massif armoricain, France). Étude pétrographique et géochimique. Thèse doct. d'État, Brest, 319 p.

- LAUTRIDOU J.-P. (1980) — Stratigraphie du Quaternaire de Normandie et du Bassin parisien. Problèmes de stratigraphie quaternaire en France et dans les pays limitrophes. Coll. Dijon, 1978, *Suppl. Bull. A.F.E.Q.*, H.S. n° 1, 1980, p. 180-189.
- LEUTWEIN F. (1968) — Géochronologie et évolution orogénique précambrienne et hercynienne de la partie nord-est du Massif armoricain. *Sci. de la Terre*, Mém. 11, 84 p., Nancy.
- ODIN G.-S., GALE N.-H. (1982) — Mise à jour de l'échelle des temps calédo-niens et hercyniens. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 294, II, p. 453, 15/2/82.
- OLLIVIER-PIERRE M.-F. (1979) — Étude palynologique (spores et pollens) de gisements paléogènes du Massif armoricain. Thèse, 232 p., Rennes.
- PARIS F., JEGOZO P. (1976) — La bordure Mancellia—synclinorium médian armoricain : une limite géotectonique majeure de l'édifice armoricain. 4^e réunion ann. Sc. de la Terre, p. 317, Paris.
- REY R. (1959) — La faunule malacologique de Landéan (Ille-et-Vilaine). *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, 2, p. 35-70.
- REY R. (1972) — La transgression oligocène dans l'Ouest de France. *Bull. Soc. Sc. nat. Ouest France*, LXX, p. 5-12.

Cartes géologiques à 1/80 000

- Feuille *Avranches* (n° 61) : 1^{re} édition (1882) par A. Potier et A. de Lapparent.
2^e édition (1942) par Matte (révision partielle).
3^e édition (1970) par M.-J. Graindor et M.-M. Roblot.

Cartes des gîtes minéraux de la France

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

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 au Centre de géomorphologie du C.N.R.S., rue des Til-leuls, 14000 Caen pour le Tertiaire et le Quaternaire.

La banque des données du sous-sol du B.R.G.M. détient l'inventaire des son-dages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille, ainsi que des renseignements hydrogéologiques. Les documents peuvent être consultés soit au B.R.G.M., 191, rue de Vaugirard, 75015 Paris, soit dans les S.G.R. concernés : S.G.R./Bretagne, 14, avenue du Sergent-Maginot, 35100 Rennes pour l'Ille-et-Villaine et S.G.R./Basse-Normandie, 2, rue du Général-Moulin, 14000 Caen pour la Manche.

AUTEURS DE LA NOTICE

Cette notice a été rédigée par :

- Jean-Pierre LAUTRIDOU, attaché de recherches au Centre de géomorphologie du C.N.R.S., Caen, pour les formations tertiaires et quaternaires ;
- Paul DADET, avec la participation de Michel BEURRIER, ingénieurs géologues au B.R.G.M., pour le reste.

ANNEXE

ANALYSES CHIMIQUES DES GRANODIORITES

	1	2
SiO ₂	67,51	67,03
TiO ₂	0,70	0,68
Al ₂ O ₃	15,04	15,21
Fe ₂ O ₃	0,77	1,22
FeO	3,63	3,82
MnO	0,06	0,07
MgO	1,46	1,88
CaO	2,32	1,41
Na ₂ O	3,55	2,93
K ₂ O	3,61	3,51
P ₂ O ₅	0,30	0,21
H ₂ O ⁺	0,84	1,62
H ₂ O ⁻	0,05	0,07
S	0,08	0,21
Total	99,92	99,87

1 - Granodiorite à biotite seule, massif de Fougères ; moyenne de 18 échantillons.

2 - Granodiorite à biotite et cordiérite, massif de Fougères ; moyenne de 8 échantillons.