



CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

MORTAIN

MORTAIN

La carte géologique à 1/50 000
MORTAIN est recouverte par les coupures suivantes
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :
au nord : COUTANCES (N° 44)
au sud : AVRANCHES (N° 61)

Villedieu	Vire	Condé- -sur-Noireau
Avranches	MORTAIN	Flers- -de-l'Orne
St-Hilaire- -du-Harcouët	Landivy	Domfront

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte postale 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France



**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
MORTAIN A 1/50.000**

par

F. MÉNILLET et F. TRAUTMANN

avec la collaboration de

J. FOURNIGUET, D. JANJOU, C. LANGEVIN

J.-P. LAUTRIDOU, P. de la QUÉRIÈRE, C. VAUTRELLE et G. VERRON

1987

SOMMAIRE

pages

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE	5
<i>PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	5
<i>RÉSUMÉ D'HISTOIRE GÉOLOGIQUE</i>	7
DESCRIPTION DES TERRAINS	10
<i>PROTÉROZOÏQUE SUPÉRIEUR</i>	10
<i>ROCHES PLUTONIQUES DU CYCLE CADOMIEN</i>	15
<i>ROCHES FILONIENNES</i>	27
<i>FORMATIONS PALÉOZOÏQUES</i>	30
<i>FORMATIONS SUPERFICIELLES. QUATERNAIRE</i>	34
TECTONIQUE	44
<i>CHRONOLOGIE DES ÉVÉNEMENTS ET DES DÉFORMATIONS</i>	44
<i>CARACTÉRISTIQUES ET GÉOMÉTRIE DES DÉFORMATIONS</i>	45
OCCUPATION DU SOL	51
<i>SOLS ET VÉGÉTATION</i>	51
<i>OCCUPATION HUMAINE : LE BOCAGE</i>	55
ARCHÉOLOGIE PRÉHISTORIQUE ET HISTORIQUE	55
DONNÉES GÉOTECHNIQUES	56
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	57
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	57
<i>MATÉRIAUX ET CARRIÈRES</i>	59
<i>GITES MINÉRAUX</i>	61
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	61
<i>ITINÉRAIRE GÉOLOGIQUE</i>	61
<i>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	64
<i>DOCUMENTATION CARTOGRAPHIQUE</i>	70
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	70
<i>MUSÉES</i>	70
AUTEURS DE LA NOTICE	70

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE

PRÉSENTATION DE LA CARTE

Le territoire couvert par la feuille à 1/50 000 Mortain se situe au Sud-Ouest du Bocage normand, à la jonction des départements :

- de la Manche, région du Mortainais (75% de la surface environ) ;
- de l'Orne, partie occidentale du Domfrontais (20%) ;
- du Calvados, extrémité méridionale du bocage Virois (5%).

Il comprend l'apophyse nord-ouest du Parc naturel régional Normandie-Marne.

Relief. Très vigoureux pour la région, le relief est différencié et varié. Son modelé suit assez fidèlement les structures géologiques, avec des zones de collines allongées dans l'ensemble selon une direction Ouest-Est. Comme dans les autres parties du Massif armoricain, nombre de ces massifs correspondent :

- aux affleurements de Grès armoricain (forêt de la Lande Pourrie ; forêt de Mortain : 322 m) ;
- aux roches métamorphiques qui ceinturent les massifs de granite (collines de la Bazoge et de Juvigny-le-Tertre, colline de Saint-Pois et Bois de Saint-Christophe-de-Chaulieu : 365 m, point culminant de la feuille) ;
- aux leucogranites (Mont Buon, Mont Furgon, Mont d'Eron, 301 m).

Dans la partie sud-est du massif de Vire qui a subi un rajeunissement à une époque assez récente (Tertiaire ou Quaternaire ?) d'autres reliefs correspondent à des affleurements de granodiorite de Vire : l'altitude atteint 366 m au sommet de la butte de Chaulieu et 358 m au Nord-Est de Saint-Michel-de-Montjoie. Ce rajeunissement est à l'origine de la fraîcheur des affleurements de granite sur cette dernière commune, principal centre d'extraction du granite de Vire.

Les zones déprimées correspondent aux affleurements de sédiments briovériens non métamorphiques, de schistes paléozoïques et de granodiorite de Vire très arénisée. La dépression fermée de Sourdeval ne doit son exutoire qu'à la traversée, en gorges, de la zone de cornéennes bordant le massif de Vire, par la Sée.

Hydrographie. Le réseau hydrographique est tributaire des fleuves côtiers drainant le bocage normand : la Sélune, la Sée, la Vire et l'Orne, ainsi que la Mayenne. La dispersion des eaux se fait principalement autour d'un axe Saint-Michel-de-Montjoie - Chaulieu - Ger :

- les dépressions de Sourdeval et de Chérencé-le-Roussel sont drainées par la Sée ;
- la dépression de Tinchebray appartient au bassin versant de l'Orne ;
- les eaux des vallons situés au Nord de Vengeons et de Saint-Sauveur-de-Chaulieu sont tributaires de la Vire ;
- l'Egrenne qui coule vers le Sud-Est à partir des reliefs de Chaulieu et la Sonce qui draine les eaux de la forêt de la Lande-Pourrie rejoignent la haute Mayenne ;

— les eaux du Sud du Mortainais, en particulier celles de la Cance qui a creusé la cluse de Mortain sont tributaires de la Sélune.

Grands ensembles géologiques. Le Mortainais se situe dans la partie nord-est du Massif armoricain, plus précisément dans le domaine mancennien délimité par deux linéaments majeurs (voir sur la carte dans le coin inférieur gauche du schéma structural) :

- Au Nord-Ouest, l'Accident de Granville et de la Drôme ;
- Au Sud, la partie orientale de l'Accident nord-armoricain (= zone cisailée centre armoricaine), de direction Est-Ouest.

Le domaine mancennien (Chauris *et al.*, 1956) est caractérisé par des terrains sédimentaires, schisto-gréseux, d'âge protérozoïque supérieur (briovérien) plissés mais très peu métamorphiques, en dehors des zones de métamorphisme de contact, et des granitoïdes fini-cadomiens non orthogneissifiés (principalement γ_c^4).

Le socle Briovérien - granodiorites cadomiennes forme l'essentiel des affleurements, la couverture paléozoïque étant partiellement conservée au Sud-Est de la feuille (Synclinal de Mortain), avec des formations gréseuses et silto-argileuses d'âge cambro-ordovicien et silurien.

Aucun dépôt d'âge secondaire ou tertiaire n'est connu ; le socle protérozoïque et les sédiments paléozoïques ne sont recouverts que par des dépôts superficiels, d'âge quaternaire : loess sur les replats au Sud de la feuille ; formations de gélifluxion sur les versants, colluvions et alluvions en fond de vallées.

Conditions d'établissement de la carte. La feuille de Mortain a été élaborée dans le cadre du lever systématique de la carte géologique de France à l'échelle de 1/50 000, avec une certaine priorité. Elle a bénéficié du soutien financier de l'Etablissement public régional de Basse Normandie et du Fonds interministériel de développement et d'aménagement rural. Les principales difficultés rencontrées proviennent des conditions d'affleurement du sous-sol, souvent médiocres, obligeant souvent à faire une cartographie en "pierres volantes", dans les labours. La reconnaissance a été encore plus délicate dans les zones de prairies, les nombreuses haies ralentissant le cheminement et la végétation masquant complètement le sous-sol.

La couverture de formations superficielles meubles n'a été représentée que localement, là où son épaisseur est importante (plus de 2 m) sur une certaine étendue. Les conditions d'affleurement de chaque formation sont précisées dans la description des terrains.

L'achèvement de ce travail a été endeuillé par le décès accidentel de J.-P. Laouenan, survenu peu après ses levés sur le Mortainais, dans une tranchée de reconnaissance. Nous rendons hommage à sa conscience professionnelle et rappelons que toute observation en tranchées présente des dangers et nécessite un étayage.

Apports scientifiques et techniques des nouveaux levés. Une rapide comparaison avec les cartes précédentes à 1/80 000 (feuilles Coutances et Avranches) montre l'important apport de la feuille Mortain à la connaissance du sous-sol de la région.

D'un point de vue cartographique, les limites des formations anciennement reconnues ont été précisées et pour une grande partie de la carte, les contours sont entièrement nouveaux. De nouvelles unités ou subdivisions ont été introduites en particulier dans les granites (leucogranites), le métamorphisme de contact (distinction schistes tachetés - cornéennes importante pour la recherche des matériaux), dans l'Ordovicien et dans le Silurien. La cartographie des loess et des alluvions de la Cance est entièrement nouvelle.

D'un point de vue stratigraphique, un témoin de Cambrien a été découvert. L'origine marine possible de ce dépôt remet en question la paléogéographie de la région au Cambrien. Des progrès importants ont été effectués dans la connaissance de la série ordovicienne et silurienne du Synclinal de Mortain.

D'un point de vue lithologique et pétrographique, la carte modifie considérablement la connaissance des différentes formations ; plusieurs types de leucogranites ont été reconnus.

D'un point de vue structural, des failles importantes ont été découvertes, en particulier le grand accident qui passe par Saint-Sauveur-de-Chaulieu, Saint-Jean-des-Bois et Yvrandes. Les levés ont apporté une vision entièrement neuve sur la tectonique du Mortainais.

RÉSUMÉ D'HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Fondé essentiellement sur les données de la littérature citées dans la description des terrains et dans la liste des références bibliographiques, ces quelques notes ont pour objet de donner au lecteur peu familiarisé avec les paléogéographies des époques successives, la trame de l'histoire géologique régionale. L'évolution structurale de la région sera traitée au chapitre tectonique. Les âges absolus sont extraits de l'ouvrage de Odin (1982), pour le Paléozoïque. Une échelle des temps géologiques figure à l'intérieur de la jaquette qui entoure ce livret explicatif.

Protérozoïque terminal : bassin briovérien et orogénèse cadomienne. Les premières données sur l'histoire de la région nous sont fournies par les dépôts briovériens du Protérozoïque supérieur. A cette époque, le futur Mortainais se situait dans un bassin assez profond, en bordure d'une masse continentale comprenant probablement les roches les plus anciennes d'Espagne et d'Armorique méridionale, soudées ou non au vaste ensemble proto-gondwanien. Ce dernier comprenait les parties les plus anciennes de l'Afrique, de l'Amérique du Sud, de l'Australie, de l'Antarctique et du Dekkan, en voie de regroupement (orogénèse panafricaine). Probablement marin, le bassin briovérien était limité au Sud par un arc orogénique : la Cordillère constantienne (du nom latin de Coutances, Constantia) selon Dissler *et al.*, 1986 ou une cordillère joignant la région de Lannion (Côte-du-Nord) au Nord du Cotentin (Chantraine *et al.*, 1986). L'érosion de l'arc orogénique fournissait des sables. Accumulés en position instable sur le talus, ces sables étaient étalés sur le fond du bassin par des courants de turbidité. La région se situait probablement dans l'hémisphère Sud, mais l'évolution climatique de la période est pratiquement inconnue, la flore et la faune, constituées d'organismes primitifs dépourvus de parties dures, ligneuses, chitineuses ou osseuses, n'étant guère fossilisées.

L'origine glacio-marine envisagée pour les conglomérats interstratifiés dans les sédiments briovériens n'a pas été confirmée par les études récentes (Doré *et al.*, 1985).

L'orogénèse cadomienne, dont les phases précoces ont entraîné la surrection de la (ou des) cordillère recoupant le Cotentin, serait due à une subduction du fond de l'Océan Iapetus sous la microplaque pentévrienne, sous les deux cordillères, puis sous notre bassin briovérien, interprété comme bassin d'arrière arc, selon Dissler *et al.*, 1986. Pour Chantraine *et al.*, il s'agirait plutôt d'une collision continentale entre cette microplaque et le vieux socle hispano-sud armoricain, avec fermeture de l'Océan Iapetus entre la Laurentia (Amérique du Nord - Irlande - Ecosse) et la Penthièvre. L'orogénèse cadomienne se termine par le plissement des sédiments du bassin briovérien et la montée des granitoïdes mancelliens, vers - 550 millions d'années.

Cambrien : îlot mancellien. Au Cambrien, des mouvements de distension entraînent le retour de la mer en Armorique Centrale et septentrionale. Avec ses granodiorites profondément enracinées, la Mancellia, masse sialique épaisse et légère, reste une zone haute, île ou presqu'île, entourée par la mer jusqu'au début de l'Ordovicien inférieur. Toutefois la mer a pu faire une courte incursion dans le Mortainais pour déposer les sédiments de la Riffaudais, attribués au Cambrien. Pendant cette longue période d'émergence, la Mancellia est érodée et les granodiorites sont largement mises à l'affleurement.

Ordovicien : transgression marine et glaciation. La transgression arénigienne (vers - 475 millions d'années) permet à la mer de déposer des sables directement sur les granodiorites ou en discordance sur les sédiments briovériens plissés. Cimentés, ces sables deviendront le Grès armoricain. Leur faune est pauvre ou mal conservée (lingules ?, chitinozoaires à Domfront, terriers de vers). Au Llanvirnien, les dépôts deviennent plus fins et réducteurs (Schistes du Pissot), probablement en relation avec la situation de la région dans les hautes latitudes australes. Le milieu de dépôt est plus favorable à la conservation de la faune : trilobites, ostracodes, brachiopodes, cystidés (échinodermes primitifs). Au cours du Llandeilien, la sédimentation redevient sableuse (Grès de May) et à la fin du Caradocien, les dépôts sont à nouveau fins (Schistes du Pont-de-Caen). A l'Ashgillien, vers - 425 millions d'années, selon une bande recoupant la région depuis les environs d'Alençon jusqu'au Cotentin, des icebergs abandonnent au fond de la mer les matériaux conglomératiques de la tillite de Feugerolles. Ils pourraient provenir des calottes glaciaires qui ont recouvert le Sahara à cette époque.

Silurien : dépôts de sables puis de boues riches en matière organique. Après un épisode de sédimentation sableuse à la fin de l'Ashgillien et au Llandvirnien, se déposent des schistes noirs, très riches en matière organique (ampélites) avec leur faune de graptolites, petits organismes coloniaux primitifs, en disposition linéaire ou ramifiée. Le contexte régional permet de penser que la sédimentation marine a continué après le Wenlockien, mais dans le Mortainais, aucun dépôt du Silurien supérieur n'a été conservé.

Dévonien : aucun dépôt préservé ; reprise de l'activité orogénique. Au Sud, la croûte océanique de l'Aquitaine plonge par subduction sous l'Armorique, entraînant la formation d'une cordillère angevine (- 400 à - 380 millions d'années). Probablement alimentée par l'érosion de ces reliefs, la sédimentation redevient arénacée au Dévonien inférieur. Ensuite, elle est relayée par des vases et des calcaires, l'Armorique se trouvant désormais dans les basses

latitudes de l'hémisphère austral. La lacune du Dévonien moyen et supérieur dans le Maine et en Basse-Normandie est généralement rapportée aux prémisses de la phase bretonne, en particulier par Dissler *et al.*, 1986 ; réponse épirogénique aux mouvements de compression et de coulissage complexes de la collision continentale sud armoricaine. La mise en place des dykes de dolérite serait liée à la fragmentation du bâti mancellien en contre-coup de ces mouvements.

Carbonifère : orogénèse hercynienne. Nous ignorons si la région fut recouverte ou non par la mer à la fin du Dévonien et au début du Carbonifère, mais elle fut prise dans les plissements hercyniens au cours du Carbonifère supérieur, probablement à la limite du Namurien et du Westphalien (phase de l'Erz-Gebirge), les sédiments westphaliens du bassin houiller de Litrzy (Calvados) n'étant pas plissés.

Permien, Secondaire et Tertiaire : domaine continental. Au Permien, la vaste chaîne hercynienne est largement érodée, mais le Mortainais est vraisemblablement resté émergé jusqu'à nos jours, les rivages connus des grandes transgressions du Secondaire et du Tertiaire n'ayant pas dépassé la bordure de la Mancellia. Partie orientale de l'île armoricaine au Jurassique et au Crétacé puis rattachée au continent, par le Sud-Est, à la grande régression finicrétacée, la région est soumise depuis son émergence, au Carbonifère, aux agents de l'érosion et de l'altération, dont les effets ont varié en fonction des climats. Les fluctuations de température et d'humidité dépendaient, en particulier de la position de la région sur le globe : migration de l'équateur aux latitudes actuelles, depuis le Carbonifère ; des ouvertures et accrétions océaniques : ouverture de la Téthys occidentale au début du Lias ; ouverture de l'Atlantique septentrional au Crétacé supérieur et aux mouvements tectoniques (surrection des Pyrénées et des Alpes).

Equatorial au Carbonifère, le climat est resté chaud pendant le Secondaire et le Tertiaire, avec des périodes sèches au Permien, au Trias, à la fin du Jurassique, au début du Crétacé, ainsi qu'à l'Eocène supérieur. Ces conditions chaudes ne se sont pas perpétuées sans quelques rafraîchissements passagers, tels que celui qui causa probablement l'extinction des Dinosaures à la fin du Crétacé.

Plio-Quaternaire : refroidissement, creusement des vallées et développement de l'homme. A la fin du Néogène, se produit un refroidissement de plus grande ampleur, entraînant la formation des grandes glaciations plio-quaternaires. A partir du Pretiglien (période froide de la fin du Pliocène débutant à 2,3 Ma environ) une vingtaine de périodes froides dites "glaciaires" se sont succédées, entrecoupées de périodes tempérées "interglaciaires". Elles ont eu une grande importance sur le façonnement du paysage, tel que nous le connaissons. La baisse du niveau des mers pendant les glaciations a favorisé le creusement des vallées. Les roches dures, subaffleurantes, ont été fragmentées par le gel ; leurs débris ont été répandus sur les versants au cours des dégels, mêlés aux loess remaniés et aux limons d'altération gorgés d'eau qui fluaient sur la pente.

Les vases et sablons du plateau continental émergé ont été transportés par le vent à l'état de poussières, puis déposés dans les zones de calme éolien, sous forme de loess. La période post-glaciaire (Holocène ; les dix derniers millénaires) se singularise par une emprise de plus en plus forte de l'homme sur la nature, le défrichement et la mise en culture favorisant l'érosion des sols, la

plantation des haies limitant cette dernière. Le bilan de ces actions est un important colluvionnement en bas des versants, au fond des vallons et au dessus des haies. La suppression de ces dernières, sur les versants, favorise une reprise de l'érosion. Les altérations modérées du post-glaciaire ont eu un rôle important dans la genèse des meilleurs sols de culture (sols bruns, sols peu évolués d'apport colluvial). L'évolution de la végétation et donc du climat depuis la dernière glaciation nous est indiquée par les études palynologiques effectuées sur la tourbière de Gathemo. Vers -9000 ans (Préboréal), une végétation dominée par le noisetier indique un climat tempéré qui devient ensuite plus chaud et plus sec (Boréal, diminution de l'aulne et du bouleau). De -7500 à -3500 environ (période Atlantique), l'humidité est importante et la température est plus chaude qu'à l'époque actuelle ; la forêt mixte à chêne, orme, tilleul et noisetier est largement développée, les zones humides étant occupées par l'aulne. La période plus sèche du Subboréal est peu marquée. Ensuite, à partir de -2800 ans environ (période subatlantique), le climat plus frais et plus humide favorise le développement du hêtre ; l'expansion des graminées et l'apparition des céréales marquent le début des déboisements important d'origine anthropique, les premiers restes archéologiques connus avec une certaine abondance dans la région datant de cette époque (âge du Bronze).

DESCRIPTION DES TERRAINS

PROTÉROZOÏQUE SUPÉRIEUR

Dans le Massif armoricain, les terrains abiotiques, d'origine surtout sédimentaire, plissés et schistosés mais très peu métamorphiques, situés sous les séries cambro-ordoviciennes datées, sont regroupés sous le terme Briovérien (Barrois, 1899).

Etage ou système, selon les auteurs, le Briovérien se classe, pour l'essentiel, dans le Protérozoïque supérieur ; plus précisément dans sa partie terminale pour les formations affleurantes (-700 ? à -550 millions d'années environ). En Basse Normandie, la limite supérieure d'âge des terrains briovériens est indiquée par leur recouvrement, en discordance, par des dépôts d'âge Tommotien (Cambrien très inférieur), Doré *et al.* (1977) ; Pasteels et Doré (1982). En outre, les assises du Briovérien sont recoupées par les granodiorites mancelliennes, rattachées à la fin du cycle orogénique cadomien (âge radio-métrique, voir tableau n° 2).

Briovérien non métamorphique

Le Briovérien comprend essentiellement des roches gréseuses ou schisteuses, de teinte grise prédominante fréquemment désignées dans la région sous le nom d'"argelette", de "pierre froide" ou encore par l'expression "la tuf", lorsqu'elles sont décompressées et altérées. Elles affleurent de place en place en bancs, parfois très minces, et souvent redressés à la verticale.

● *Essais de subdivision stratigraphique.*

D'un point de vue stratigraphique, les formations briovériennes sont très mal connues. A l'exception de traces peu caractéristiques d'origine organique possible (algues primitives protozoaires, métazoaires primitifs, protoméduses ?), elles ne contiennent pas de fossiles. Leur lithologie est très monotone ;

elles sont plissées et fracturées et les granitoides mancelliens les ont largement recoupées, "digérées" et métamorphisées. La subdivision du Briovérien en 3 "étages" (Graindor, 1957), très hypothétique et non fondée sur des observations d'ordre stratigraphique, est peu à peu abandonnée. La distinction entre un Briovérien inférieur à phanites, à structuration cadomienne polyphasée (domaine cadomien interne) et d'un Briovérien supérieur détritique terrigène, à structuration cadomienne monophasée (domaine cadomien externe), Cogné, 1972, Le Corre, 1977, est plus fréquemment utilisée. Cependant, les relations précises entre les deux ensembles séparés latéralement par l'accident de Granville, restent à préciser (Chantraine *et al.*, 1982), d'autant plus qu'ils paraissent liés à des environnements paléogéographiques différents. Dans le domaine mancellien, seul le "Briovérien supérieur" est représenté. Associant des méthodes sédimentologiques et structurales, les dernières études de synthèse (Chantraine *et al.*, 1982) ont permis d'élaborer une première esquisse lithostratigraphique.

Malheureusement, dans de nombreux secteurs, en particulier sur la feuille Mortain, l'absence de coupes continues et de niveaux repères empêche de définir des unités cartographiables à l'échelle du 1/50 000. Seules ont été différenciées des lentilles de schistes noirs et de wackes au Sud-Ouest de la feuille ainsi qu'une zone à prédominance d'arénites, à l'Est de la Cance, au Sud du Synclinal de Mortain.

● *Alternances flyschoides d'arénites gréseuses (wackes) et de siltites.*

Dans les affleurements de quelque étendue et souvent même dans les menus pointements rocheux, les deux types de roches, grès et siltites apparaissent associées en alternances régulières ou irrégulières de lamines et petits bancs ayant quelques millimètres à quelques centimètres d'épaisseur. Un examen attentif de ces bancs montre qu'ils sont fréquemment granoclassés et ordonnés en séquences comprenant de la base vers le haut :

- une lamine ou un banc de wacke grisâtre à gris verdâtre, généralement granoclassé ;
- une lamine de siltite brune à noire.

La limite entre la lamine de siltite et le banc de wacke qui la recouvre est généralement nette ; la base du banc de wacke fossilise fréquemment des structures sédimentaires telles que des figures de courant et des rides d'oscillation. Les séquences peuvent être tronquées et des bancs de wackes granoclassées peuvent directement se recouvrir. Dangeard, Doré et Juignet (1961) ont interprété ces alternances comme un dépôt de type flysch. Les lamines et bancs de wackes correspondent à l'apport d'un courant de turbidité dû à la remise en mouvement des sédiments meubles, accumulés en position instable sur un important talus subaquatique. Les lamines de siltite représentent la sédimentation normale du bassin lacustre ou marin. Les flyschs sont généralement liés à des zones instables de l'écorce terrestre (marge continentale active, bassin voisinant une cordillère, bassin intraorogénique, etc...). Avec la réserve imposée par la médiocrité des affleurements, les figures de glissements (slumping, laminations convolutées), fréquentes dans les flyschs, ne paraissent pas très abondantes et de dimensions modestes.

Localement, on observe des bancs de wackes épais ou des siltites massives, pauvres en intercalations gréseuses.

● *Caractères microscopiques des arénites (wackes).*

D'origine terrigène, les arénites du Briovérien appartiennent essentiellement à la catégorie des wackes dans la classification de Dott (1964). Ce sont des grès immatures, à texture subjointive et matrice argilo-silteuse (chlorite) assez abondante (10 à 30%). De forme anguleuse, les grains de différente nature sont hétérométriques.

Bien que la proportion de grains de quartz monocristallins soit importante (80% des éléments figurés, en moyenne), le matériel est assez hétérogène dans sa composition. Les feldspaths plagioclases et les lithoclastes sont représentés en proportion sensiblement équivalente (10% en moyenne), les feldspaths alcalins étant rares. Plus abondants à la base des bancs, les lithoclastes sont d'origine diverse : sédimentaire (microquartzites, rares grains de phanites) ou métamorphique (rares fragments de schistes). La taille de ces éléments est généralement inférieure à 0,5 mm ; les microbrèches, à éléments de 2 à 20 mm de largeur sont rares.

La roche contient fréquemment des micas détritiques, principalement de la muscovite et, en moindre quantité, de la biotite qui est presque toujours chloritisée. La chlorite néoformée lors de la période de structuration cadomienne (métamorphisme anchizonal) est plus abondante et constitue l'essentiel du fond phylliteux de la roche.

● *Caractères microscopiques des siltites.*

Roches d'origine terrigène à grain très fin, les siltites sont constituées de petits fragments de quartz anguleux, de taille comprise entre 2 et 64 μm et de fines particules phylliteuses. Leur granulométrie peut varier notablement, fréquemment en microséquences granoclassées d'épaisseur millimétrique, voire inframillimétrique. Cette rythmicité donne à la roche un aspect finement laminé très caractéristique (siltites straticulées).

Les particules phylliteuses sont fréquemment orientées, selon la trace des plans de stratification ou obliquement à ceux-ci. Cette orientation marque une schistosité de flux, d'origine tectonique. Lorsqu'elle recoupe la stratification, cette schistosité se réfracte généralement dans les lamines les plus grossières.

b5. Siltites dominantes. Au Sud-Ouest de Mortain, entre la vallée de la Cance et la limite occidentale de la feuille, le Briovérien est essentiellement constitué par des siltites. Dans cet ensemble (b5), ont été différenciées quelques bandes, apparemment lenticulaires constituées essentiellement d'arénites (bA) ou d'un faciès particulier de siltites noires. Ces dernières affleurent sporadiquement en masses assez homogènes ou en alternance avec des successions de bancs silto-gréseux. Elles sont constituées par un matériel argilo-silteux à fines lamines, un peu granoclassées, à matrice phylliteuse très fine. La schistosité est souvent soulignée par de petites granules opaques de matière organique.

bA . Arénites dominantes ou intercalées. Au Sud-Est de Mortain, entre la vallée de la Cance et la limite orientale de la feuille, les arénites sont prédominantes. Elles déterminent une topographie en buttes oblongues, grossièrement orientées selon la stratigraphie (N 60-70°), séparées par des thalwegs où les intercalations de lamines et bancs de siltite sont plus nombreuses.

Briovérien métamorphique (métamorphisme de contact)

A l'exception de la bordure méridionale de la feuille, les sédiments briovériens ont été largement affectés par un métamorphisme de contact (métamorphisme thermique) dû à l'intrusion des granodiorites manceliennes et, pour une très faible part (buttes au Sud d'une ligne Saint-Poix - Brouain), aux leucogranites.

Ce métamorphisme se caractérise par une recristallisation partielle puis complète de la roche au fur et à mesure que l'on se rapproche du granite, avec néogénèse de nouveaux minéraux. Ces derniers se sont développés en petits amas formant des taches brunes, souvent en relief sur les plaquettes de siltite. Ce métamorphisme est d'âge cadomien, proche de la limite Protérozoïque - Cambrien.

De façon classique, nous avons distingué deux zones de métamorphisme : celles des *cornéennes* et celles des *schistes tachetés*. La limite entre les deux zones est progressive, mais relativement aisée à fixer sur le terrain : les cornéennes, très recristallisées et dures, forment généralement un relief très net et la densité des taches formées par les minéraux de métamorphisme diminue sensiblement en quelques dizaines de mètres lorsque l'on passe des cornéennes aux schistes tachetés. La limite externe des schistes tachetés est un peu plus difficile à suivre, les taches devenant minuscules, lorsqu'on s'éloigne notablement du granite.

La grande largeur des auréoles de métamorphisme est vraisemblablement due à deux causes :

- une durée de mise en place et de refroidissement des granodiorites assez longue ;
- une limite inclinée et non verticale entre la granodiorite et le Briovérien, d'autant moins inclinée que l'auréole est plus large.

bs². Schistes tachetés : méta-siltites à cordiérite. Le métamorphisme de contact se marque sur les siltites fines, par des taches brunes, légèrement oblongues et souvent en relief, qui leur donnent un aspect tacheté caractéristique. La longueur des taches est généralement comprise entre 0,2 et 2 mm. Elle peut atteindre exceptionnellement 10 mm, mais varie peu dans un même banc.

Dans la partie la plus externe de l'auréole de métamorphisme, les taches, très petites, sont constituées par des amas de chlorite. En se rapprochant de la granodiorite, ces amas sont peu à peu remplacés par des cristaux (phénoblastes) de silicates d'alumine (cordiérite, voire andalousite ?) eux-mêmes entièrement altérés et remplacés par des amas de minuscules micas blancs (pinitisation). Ces amas ont une forme subhexagonale à ovoïdale et, dans ce dernier cas, ils sont fréquemment étirés dans le plan de schistosité, parallèle ou oblique à la stratification. Matérialisée par de fines paillettes de biotite, présentant une extinction d'ensemble en lumière polarisée, cette schistosité se moule fréquemment sur les phénoblastes qui ont parfois une texture hélicitique. Elle est donc subcontemporaine de la mise en place du granite.

Moins abondants et de forme plus irrégulière, d'autres cristaux de biotite ne montrent pas d'orientation préférentielle ; leur formation date probablement de la fin de la mise en place du granite. Enfin quelques cristaux millimétriques de muscovite tardive, englobant de petits grains de quartz,

sont vraisemblablement le résultat des altérations deutériques et hydrothermales qui ont affecté les granodiorites manceliennes.

Dans les wackes, la marque du métamorphisme est beaucoup plus discrète et se reconnaît par des recristallisations ou accroissements de grains de quartz ; la chlorite de la matrice peut être recristallisée et orientée.

bKo². Cornéennes à biotite, muscovite et cordiérite. Le terme de cornéenne est à prendre ici dans un sens large : roches de la zone à métamorphisme de contact intense, l'aspect "corné", caractéristique mais non exclusif des lithofaciès les plus typiques de cette zone, étant peu représenté.

Les principales roches afféurant peuvent être appelées :

- cornéennes tachetées (anciennes siltites),
- cornéennes straticulées ou rubanées (anciennes siltites straticulées),
- cornéennes compactes : quartzites et microquartzites (anciennes wackes).

Très recristallisées, ces roches se reconnaissent sur le terrain par leur dureté et par leur texture massive dépourvue de débit schisteux. Le litage original est généralement conservé. On peut les observer dans les gorges de la Sée, en contre-bas de la butte de Brouains.

Très caractéristiques, les *cornéennes tachetées* se reconnaissent par l'abondance des taches, fréquemment subjointives, et en moyenne plus grandes que celles des schistes tachetés.

Ces taches sont constituées de phénoblastes de cordiérite entièrement pinitisés. Entre elles, le fond de la roche est occupé par une fine mosaïque de quartz et de feldspaths, parsemée de biotite brune. La muscovite tardive, en lamelles blastiques, est assez abondante et parfois poecilitique.

Dans les *cornéennes straticulées*, les passées de siltite sont si fines que l'aspect tacheté n'a pu apparaître. La roche se distingue aisément des siltites straticulées par sa grande dureté.

Les *cornéennes compactes* sont d'anciennes wackes recristallisées en microquartzites et quartzites de teinte gris clair. Les plus fines d'entre elles ont un aspect corné. En lame mince, la plupart de ces roches ont une texture polygonale équante (granoblastique à grain fin), d'origine thermique.

Les microblastes xénomorphes de quartz et de feldspaths sont jointifs, leur disparition donnant lieu à de nombreux points triples (angles à 120°), typiques des phénomènes de recuit.

La biotite brune de haute température, riche en titane, comble les espaces existants entre les éléments précédents. Elle apparaît ainsi sous la forme de petits cristaux lamellaires ou globuleux, ne présentant aucune orientation préférentielle.

Les cristaux de silicate d'alumine peu abondants et toujours altérés, constituent des plages amiboïdes plus ou moins diffuses. Les lamelles blastiques de muscovite sont rares, et englobent des petits grains de quartz. Enfin, dans les échantillons prélevés au contact de la granodiorite, on constate la prolifération des poeciloblastes de tourmaline.

Selon Jonin (1981) ces différentes roches se classent dans le faciès métamorphique des "cornéennes à hornblende" de Turner et Verhoogen (1960) des séquences pélitique et quartzo-feldspathique.

Contact cornéennes - granodiorites mancelliennes. A l'échelle de la carte les massifs de granodiorite recoupent nettement les assises du Briovérien, de façon oblique par rapport à leur stratification. A l'échelle de l'affleurement, le contact est parfois net, la masse granitique interrompant brutalement les lits de cornéennes. Il peut être vertical, mais il est le plus souvent incliné vers l'extérieur du massif de granite, celui-ci ayant une forme en coupole (Jonin, 1981).

Fréquemment, les filonnets de granodiorite, d'aplite et plus rarement de pegmatite, pénètrent dans les cornéennes (De Lapparent, 1877).

A l'inverse, la granodiorite renferme de nombreuses enclaves de cornéennes à proximité du contact. On peut observer ce phénomène dans la carrière dite du Radiguet, à 500 m à l'Ouest du Point-du-Jour (Commune de Romagny), en bordure du CD 205 (cf. Laouenan, 1983) ou au carrefour du Châtellier, sur le ban du Mesnil-Rainfray.

A proximité du contact, la texture des cornéennes est souvent modifiée, la roche prenant parfois un aspect finement nébulitique ou graniteux et se chargeant fréquemment en nids et gerbes de grandes muscovites. Exceptionnellement, les cornéennes peuvent renfermer de gros phénoblastes de feldspaths. Les filons de quartz ne sont abondants qu'à proximité des zones fracturées. La granodiorite est fréquemment arénisée à proximité du contact.

ROCHES PLUTONIQUES DU CYCLE OROGÉNIQUE CADOMIEN

γ_c^4 . Granodiorites à biotite et cordiérite.

Zones d'affleurement. Les granodiorites mancelliennes, dont le type principal correspond au "granite de Vire" des carrières, forment sur la feuille :

- au Nord, la partie sud-orientale du massif de Vire et ses prolongements, en apophyse, vers le Sud-Est : le massif de Chaulieu et le massif d'Yvrandes ;
- au centre, le massif de Saint-Barthélemy et les deux petits massifs annexes situés au Sud-Est de Ger ;
- à l'Ouest de Mortain, l'extrémité orientale du massif d'Avranches.

Les meilleurs affleurements sont les carrières en activité du massif de Vire, nombreuses sur la commune de Saint-Michel-de-Montjoie. La plus vaste d'entre elles est la carrière Chatel dans le Bois de Montjoie. Dans les massifs de Saint-Barthélemy et d'Avranches, les granodiorites, très largement arénisées en surface, affleurent peu.

Aspect à l'oeil nu de la roche. Les granodiorites mancelliennes sont des roches grises ou plus précisément blanc grisâtre mouchetées de noir. A l'altération, elles prennent une teinte gris-beige à jaunâtre. Elles sont constituées de cristaux engrenés de 1 à 3 mm de longueur, de feldspaths blanchâtres, de quartz, gris clair à éclats gras et de micas noirs (biotite). La cordiérite, vert bleuâtre, le plus souvent altérée, apparaît généralement sous forme d'amas verdâtres à minuscules micas blancs.

Les granodiorites mancelliennes renferment fréquemment des enclaves de taille centimétrique à décimétrique ("noeuds" ou "crapauds" des carriers), de plusieurs types :

- fragments de forme anguleuse à ovoidale de cornéennes gris clair à gris foncé, plus fréquents en bordure des massifs ;
- enclaves surmicacées, noirâtres, généralement de forme allongée ;
- enclaves microgrenues ou grenues fines, sombres, de forme subarrondie ;
- nodules de quartz de formes variées, sphéroïdales à polyédriques, voire branchues.

Ces enclaves ont frappé les premiers observateurs dont Virlet (1846 et 1847), qui les interprétait comme d'anciens galets et récupérait à l'Ecole des Mines les dalles destinées aux trottoirs de Paris les plus favorables à son hypothèse.

Aspect au microscope. Dans son faciès le plus typique, largement prédominant dans les massifs de Vire, d'Avranches et de Saint-Barthélemy, la roche comprend (analyse modale moyenne selon Jonin, 1981, tableau n° 1) :

- du quartz, assez abondant, en plages xénomorphes ou en cristaux subautomorphes, souvent à extinction roulante ;
- des feldspaths plagioclases, assez souvent zonés (andésine à oligoclase), frais ou séricitisés ;
- des feldspaths alcalins, principalement de l'orthose renfermant fréquemment des veines d'albite (perthite), xénomorphe et souvent poecilitique, parfois altérés ;
- de la cordiérite, en cristaux de forme subarrondie à peine teintés (vert bleuâtre) ; mais le plus souvent complètement altérés et remplacés par un amas de minéraux micacés, comprenant fréquemment de la muscovite en fines paillettes flexueuses, souvent disposées en gerbes ;
- de la biotite, généralement abondante, en lamelles souvent peu allongées, parfois interstitielle, fraîche et brun-rouge, décolorée ou altérée en chlorite ;
- de la muscovite, toujours secondaire, en amas de fines paillettes flexueuses (issues de l'altération des cordiérites et des feldspaths), en gerbes, en rosettes ou en paillettes isolées.

Dans la classification de Streckeisen, la roche se place au centre du champ des granodiorites avec de légers débordements vers les granites monzonitiques et les diorites quartziques.

En plus des zircons et des aiguilles de rutile inclus dans les biotites, les minéraux accessoires, irrégulièrement représentés, sont l'apatite, la tourmaline et de manière plus sporadique encore, des spinelles. Quelques analyses de minéraux lourds (études BRGM *in* Jonin, 1981) révèlent la présence de traces de pyrite, d'ilménite, de magnétite, de pyrrhotite, de monazite, de mispickel, de grenat, de fluorine et de molybdénite, ainsi qu'une occurrence de disthène à Gathemo.

TABLEAU 1 - ANALYSES MODALES, AU COMPTEUR DE POINTS, DE GRANODIORITES MANCELLIENNES (d'après Jonin, 1981).

Minéraux	Massif de Vire		Massif d'Avranches S 27	Ensemble des granodiorites mancelliennes	
	V 6	V 18		Moyenne sur 28 échantillons	Ecart-types
Quartz	27,8	29,3	33,3	30,5	2,1
Feldspath potassique	17,2	27,6	9,5	14,6	5,8
Plagioclase	37,5	29,3	30,2	34,4	5,2
Biotite	15,4	11,3	15,5	13,8	2,9
Cordiérite	0,8	1,6	6,2	2,9	3,1
Muscovite	1,1	0,2	4,1	3,2	2,6
Divers	0,3	0,4	1,2	1	0,8

V6 : Saint-Poix (Manche), Carrière de la Société coopérative La Laborieuse;
 V18 : Gathemo (Manche), lieux-dit Nicorps, carrière Houstin;
 S27 : Le Mesnil-Ranfray (Manche), ancienne carrière, 500 m au SE du village.

Age, géochimie et contexte géologique régional. La parenté des différents massifs granitiques de la région a été reconnue dès les premières explorations géologiques (Durocher, 1847). Ils appartiendraient à un même batholite (Graindor, 1967 ; Leutwein, 1968 ; Jonin, 1973 et 1981) ayant 150 km d'extension d'Ouest en Est, de Dinan à Alençon et 70 km du Nord au Sud, de Vire à la Vallée de la Jouanne. Dans cet ensemble, la granodiorite de type Vire est largement prédominante (Jonin, 1973), les massifs représentés sur la feuille Mortain se situant dans la partie supérieure du batholite et même pour certains (Vieual, à l'Est de Ger ; Les Aunays, au sud de Beauchêne), à proximité du toit (nombreuses enclaves de cornéennes et de faciès surmicacés ; fréquence des faciès de bordure).

De Lapparent (1877) a reconnu que la granodiorite de Vire a affecté les formations briovériennes, qu'il dénommait "phyllades cambriens", par un métamorphisme de contact et qu'elle les a pénétrées en filons sécants. Ensuite, Graindor (1953) pour le massif d'Athis, puis Chauris (1956) pour celui de Vire, ont démontré que les granitoïdes mancelliens étaient antérieurs au poudingue de base du Cambrien, fait déjà entrevu par De Lapparent (1877b). Plus récemment, Jeannette (1971) a montré qu'ils recourent les structures plissées de l'orogène cadomien.

Plusieurs essais de datation par les méthodes radiométriques ont été effectués (tableau 2). Plus récemment (Fouillac *et al.* à paraître) montrent que l'âge donné par Jonin et Vidal (1975) est dû à la prise en compte, dans l'isochrone, de la granodiorite du Bois du Gast à rapports isotopiques Rb/Sr et $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ plus bas que dans le reste des échantillons. En outre, ils ont établi une isochrone statistiquement valable sur les minéraux de la granodiorite à cordiérite donnant un âge de 521 ± 11 Ma, compatible avec celui donné par Pasteels et Doré (1982).

TABLEAU 2 - AGE RADIOMÉTRIQUE DE LA GRANODIORITE DU MASSIF DE VIRE-CAROLLES

Auteurs (+)	Date	Méthode	Partie datée	Constantes utilisées pour le calcul de l'âge en colonne 6	Age** (Millions d'années)	Observations (avec la collaboration de J.Y. Calvez)
Graindor et Wasserburg	1962	Rb / Sr	Roche totale	$\lambda_{Rb}^{87} = 1,42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$	497 ± 10	Datation sur pegmatite probablement postérieure à la mise en place du granite.
Kaplan et Leutwein	1963	K / A	Biotites	$\lambda_{\beta} = 4,72 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ $\lambda_e = 5,84 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$	553 ± 9	Moyenne calculée sur des âges imprécis d'échantillons (selon les auteurs); âge imprécis.
Pasteels	1970	U / Pb	Monazites	$\lambda_{238} \text{ U } 1,537 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ $\lambda_{235} \text{ U } 9,72 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$	570 ± 25	Age du refroidissement.
Adam	1967 1976	Rb / Sr	Roche totale	$\lambda_{Rb}^{87} = 1,42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$	592 ± 15	Echantillonnage disparate (feldspath, leucogranite) selon Jonin et Vidal (1975).
Jonin et Vidal	1975	Rb / Sr	Roche totale*	$\lambda_{Rb}^{87} = 1,42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$	617 ± 12	L'isochrone est en partie déterminée par l'échantillon provenant du Bois du Gast, à rapport $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ très bas par rapport à celui des autres échantillons. Si cet échantillon particulier est exclu, l'âge de la granodiorite ne peut être déterminée.
Pasteels et Doré	1982	U / Pb	Monazites		540 ± 10	Age du refroidissement.

* Datations sur 6 échantillons du massif de Vire-Carolles et 9 échantillons provenant des autres massifs de granodiorite de la Mancellia.

** Age recalculé avec la constante $\lambda_{Rb} = 1,42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ pour les datations Rb / Sr.

(+) Référence des articles dans la liste des références bibliographiques.

TABLEAU 3 - COMPOSITION CHIMIQUE DE GRANODIORITES MANCELLIENNES d'après Jonin (1981) et Laouenan (1983) (éch. JPL 231)

	Ensemble du batholite mancellien Granodiorite type Vire		Massif d'Avranches S 27 Roche totale	Massif de Vire - Carolles							
				V 18 Roche totale	JPL 231 Roche totale	V6 Roche totale	V 6 Feldspaths Potassiques	V 6 Biotite			
	Photométrie de flamme	Microsonde (14 analyses)									
		Moyenne de 19 échantillons		Ecart-type						Moyenne	Ecart-type
SiO ₂	67,80	1,10	65,30	68,60	68,10	68,10			34,73	35,08	0,46
Al ₂ O ₃	15,07	0,31	15,85	15,14	15,10	15,30	18,70		19,00	18,58	0,33
Fe ₂ O ₃ total	4,56	0,60	5,56	3,84	4,60	4,38	0,09		Fe ²⁺ O ³ 1,28 FeO 19,90	19,98	0,75
MnO	0,06	0,01	0,06	0,04	0,05	0,04			0,23	0,20	0,11
MgO	1,56	0,30	2,02	1,32	1,60	1,47	0,06		8,05	7,68	0,26
CaO	1,70	0,22	0,87	1,78	1,60	1,89	0,20		0,53	0,03	0,10
Na ₂ O	3,24	0,25	2,86	3,48	3,20	3,48	1,74		0,17	0,24	0,14
K ₂ O	3,93	0,29	3,70	3,98	3,90	3,87	13,90		8,23	9,84	0,24
TiO ₂	0,62	0,11	0,80	0,60	0,60	0,65			3,58	3,86	0,33
H ₂ O ⁺	0,85	0,25	1,85	0,90	1,00	0,76			4,15		
H ₂ O ⁻	0,11	0,07	0,13	0,08	0,13	0,04					
TOTAL	99,50		99,00	99,76	99,88	99,98					

JPL 231 Saint-Michel-de-Montjoie (Manche) : analyse SNEA ;

S 27 Le Mesnil-Rainfray (Manche), ancienne carrière 500 m au SE du village, sondage C.R.P.G.

V 18 Gathemo (Manche), lieu-dit Nicorps ; carrière Houstin ;

V 6 Saint-Pois (Manche), carrière de la Société Coopérative "La Laborieuse".

L'étude géochimique des granodiorites mancelliennes (Jonin, 1981) confirme leur assez grande homogénéité à l'échelle de la région. Elles sont nettement alumineuses (tableau n° 3), ce qui s'exprime minéralogiquement par la présence de cordiérite et de biotite alumineuse. En outre, elles sont assez riches en fer (biotites ferrifères et cordiérites riches en fer). Leur faible teneur en calcium les place dans le diagramme Rm-Ri-Rs de La Roche (1986) à l'intérieur du champ des granites. La composition de leurs biotites les classent dans l'association des granitoïdes aluminopotassiques, avec une tendance calco-alcaline.

Le tableau n° 4 présente leur teneur en baryum, strontium, rubidium et lithium.

**TABLEAU 4 - COMPOSITION EN Ba, Sr, Rb ET Li
DES GRANODIORITES MANCELLIENNES AINSI QUE DES APLITES
ET LEUCOGRANITES QUI LES BORDENT OU LES RECOUPENT
(d'après Jonin, 1981); en p.p.m.**

	Granodiorites mancelliennes	V 6*	Aplites et leucogranites
Ba	395 à 765	745	15 à 150
Sr	48 à 155	134	7 à 67
Rb	122 à 189	157	118 à 318
Li	32 à 100	57	8 à 39

*Echantillon dont la localisation et la chimie des majeurs est indiquée sur le tableau n° 3.

Les spectres des terres rares (T.R.) des granodiorites de la Mancellia sont comparables à ceux des granodiorites calco-alcalines typiques (fouillac *et al.*, à paraître) et comprennent une anomalie négative en Eu significative (tableau 5)

**TABLEAU 5 - TENEURS EN TERRES RARES, THORIUM,
HAFNIUM, CESIUM, SCANDIUM ET COBALT DE
L'ECHANTILLON V6 (d'après Jonin 1981).**

Terres rares									Autres éléments				
La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Yb	Lu	Th	Hf	Cs	Sc	Co
40	74		8	0,85		1,2	2,5	0,4	12,5	5,2	11	11,7	7,8

Origine et évolution. Se fondant sur leur richesse en alumine et en enclaves surmicacées très alumineuses, sur leur pauvreté en terres rares et sur la faiblesse de leur rapport isotopique initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ($0,7025 \pm 0,0004$), Jonin (1981) a émis l'hypothèse d'une fusion partielle de la croûte profonde pour la genèse du magma initial des granodiorites mancelliennes. Cette fusion partielle aurait été "induite ou accompagnée par des intrusions basiques venant du manteau supérieur" dont les enclaves de composition gabbroïque seraient des témoins. Cependant, si l'on isole les échantillons du Bois du Gast (feuille à 1/50 000 Vire) le rapport isotopique initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtenu est plus

élevé ($0,7067 \pm 0,003$) et devient compatible, ainsi que les rapports $^{34}\text{S} / ^{32}\text{S}$, $^{18}\text{O} / ^{16}\text{O}$ et la composition en terres rares, avec l'hypothèse d'une simple anatexie crustale, sans intervention d'intrusions basiques (Fouillac *et al.*, à paraître).

La mise en place du batholite mancellien aurait été favorisée par la formation de fractures ouvertes, lors de l'important décrochement dextre haute vallée de la Rance - Pointe du Grouin (Nord-Est de la Bretagne). Ensuite, la roche a subi une altération deutérique modérée (développement de muscovite secondaire ; présence çà et là de tourmaline), puis par des altérations météoriques dont les plus récentes datent du Quaternaire.

Particularités des différents massifs.

● **Massif de Carolles - Vire.** La feuille comprend le quart sud-est du massif de Carolles-Vire, de forme très allongée d'Est en Ouest (voir le schéma structural, en marge de la carte). Dans la partie mortainaise du massif, la granodiorite présente généralement son faciès le plus typique, bien exposé dans les carrières en activité de Saint-Michel-de-Montjoie. Au Nord de cette localité, dans la carrière Châtel, Jonin (1981) a observé des amas pegmatitiques. Plus à l'Est, la roche affleure moins bien, mais peut être observée de façon satisfaisante dans la tranchée du chemin de fer de Sourdeval à Vire, au Sud-Ouest de Beaucaudray. Les apophyses sud-est du massif de Vire (Chaulieu et Saint-Jean-des-Bois) présentent quelques occurrences de diorite quartzique et de faciès fins de bordure ($f\gamma bm$).

● **Massif de Saint-Barthélémy.** Situé au centre de la feuille, de forme très allongée dans le sens Est-Ouest, ce massif est essentiellement constitué par la granodiorite de type Vire, assez riche en enclaves d'origine sédimentaire, selon Laouenan, 1983. La roche est très arénisée en surface, les bons affleurements sont rares (Vallée de la Bouanne) et la partie orientale du massif en est pratiquement dépourvue. La texture de la granodiorite est localement plus fine et se rapproche de celle des faciès fins de bordure ($f\gamma bm$), en particulier au Sud de Montfort et du Mont d'Eron.

● **Massif de Viéval.** A l'Est de Ger, entre la Frémondrière et Viéval, la partie basse du vallon est façonnée dans des arènes granitiques. Les cailloux et blocs épars ont des faciès fins dans la partie supérieure du vallon ($f\gamma bm$) et grossier plus en aval (type granodiorite de Vire). Les faciès fins et la position de ces affleurements granitiques, en contrebas des cornéennes laissent supposer qu'ils se situent à proximité du toit du granite.

● **Massif de Saint-Bomer - Lonlay-L'Abbaye.** Près de la bordure orientale de la feuille, les affleurements granitiques en rive droite de l'Egrenne représentent la terminaison du massif de Saint-Bomer-Lonlay-L'Abbaye qui forme une longue bande est-ouest sur la feuille voisine de Flers. L'abondance des faciès fins de bordure montre qu'ils se situent, comme à Viéval, à proximité du toit de la granodiorite.

● **Massif d'Avranches.** La feuille comprend la partie orientale du massif d'Avranches qui forme une longue bande est-ouest d'Avranches à Mortain. Dans sa partie orientale, ce massif est recouvert par des formations paléozoïques et ne réapparaît que dans des panneaux faillés de la cluse de Mortain. Il n'est pas certain qu'il se prolonge à l'Est de cette ville et il est possible que le massif de Saint-Barthélémy soit le prolongement oriental de celui

d'Avranches, décroché par la faille de Saint-Barthélemy, avant le dépôt des formations paléozoïques.

Dans sa zone d'affleurement, la granodiorite est fortement arénisée et celle-ci forme une dépression dans la topographie, encadrée par les buttes constituées par les cornéennes environnantes, moins altérées. Dans les vallées, quelques affleurements de médiocre qualité montrent une granodiorite de type Vire, à biotite et cordiérite, assez homogène, mais ayant fréquemment une tendance porphyroïde. Ainsi, dans une carrière située 500 m au Sud-Est du Mesnil-Rainfray, les phénocristaux de feldspaths potassiques ont jusqu'à 10 mm de longueur. Le caractère diffus du faciès à tendance porphyroïde n'a pas permis sa représentation cartographique. Quelque soit son faciès, la roche présente généralement une légère cataclase.

η. Diorite quartzique (Indication ponctuelle). Au sein ou en bordure des massifs de granodiorite, on observe, de place en place, des faciès de diorite quartzique qui se remarquent par leur teinte d'un gris soutenu, un grain souvent plus fin et leur pauvreté en quartz. Au microscope, leur texture est généralement grenue ipidiomorphe. Les feldspaths sont des plagioclases souvent zonés oligoclase - andésine. Peu abondant, le quartz est habituellement poecilitique. La biotite est abondante.

Comme elles s'observent fréquemment à proximité des granites leucocrates à mésocrates à grain fin, ces diorites quartziques semblent appartenir au cortège des faciès de bordure de la granodiorite.

Il existe également un autre type de diorite quartzique apparenté aux dolérites, soit au sein de ces roches, soit en pointements isolés (η , signalé 5 km au sud-est de Ger) — voir ci-avant la rubrique dolérites —.

αγτ. Leucogranites aplitiques à tourmaline et aplites. Pegmatites à tourmaline (P). A l'exception d'un filon de pegmatite situé 1,5 km au Nord-Est de Ger, ces roches n'ont été cartographiées que ponctuellement et les filonnets d'aplite n'ont pas été figurés. Elles se présentent en petits amas et en filonnets dans les granodiorites manceliennes et plus fréquemment dans les leucogranites. Leur faciès est banal, les aplites typiques, blanches à grain très fin, n'apparaissent qu'en menus filonnets ayant au plus quelques centimètres d'épaisseur. Les filons de pegmatite ne sont guère plus épais et leurs cristaux dépassent rarement le centimètre. Généralement noire, xénomorphe à subautomorphe, la tourmaline est presque toujours présente, mais selon des dispositions variées : disséminée, en gerbes, en amas, plus rarement en veines, en alternances rubanées avec des aplites et même en grains abondants caractérisant des passées de granite à tourmaline.

Souvent associées, les aplites et pegmatites sont ici, comme dans la plupart des autres massifs granitiques, interprétées comme des manifestations tardives du magmatisme cadomien. Liées à des venues hydrothermales, lors du refroidissement du batholite manceau, elles seraient subcontemporaines des leucogranites (Jonin, 1981 ; Laouenan, 1983). Elles peuvent cependant recouper ces derniers, comme dans la carrière de la Herte, au Sud-Est de la butte du Chénot où le leucogranite γ_a^{1-2} est recoupé par une veine subméridienne de granite à grain fin aplitique et mylonitique.

σ. Episyénite (indication ponctuelle). A 1.600 m au Sud-Ouest de Vengeons, à la Masure au Laisné, le front de taille d'une carrière abandonnée expose une roche poreuse ayant l'aspect d'un granite altéré. Au microscope, cette roche

présente des caractères d'épisyénite. Elle est riche en feldspath potassique, disposé en particulier en taches dans les plagioclases. De petites cavités sont remplies d'amas de chlorite hydrothermale, plus ou moins en forme de rosette. La biotite est chloritisée.

Leucogranites grossiers et granitoïdes à grain fin. Ils recourent ou bordent les massifs de granodiorite de type Vire. Dans la partie septentrionale de la Mancellia, les leucogranites sont assez fréquents, en minuscules plutons isolés (sites célèbres du Mont-Saint-Michel, du Mont-Dol et du Mont-Cerisi), en bordure des massifs de granodiorite et plus rarement au sein de ces massifs. Sur la feuille, on peut en distinguer deux faciès principaux :

- leucogranites à grain moyen à grossier (γ_a^{1-2}), formant une série de buttes au Sud d'une ligne Saint-Poix-Brouain ;
- leucogranites à grain fin à tendance aplitique ($f\gamma_{b-m}$ *pro parte*), fréquents dans la moitié orientale de la feuille, en bordure des massifs de granodiorite.

Ces deux principaux faciès présentent des variations de texture et de composition minéralogique notables. En particulier, les faciès fins renferment des roches plus sombres à biotite abondante et même des diorites quartziques. Ces roches mésocrates mises à part, les leucogranites mancelliens ont selon Laouenan (1983), quelque soit leur grain, une composition chimique peu variable (tableau n° 6). Leurs teneurs en aluminium, sodium et potassium sont peu différentes de celles des granodiorites mancelliennes. Comme ils contiennent fréquemment de la cordiérite, on peut les rattacher à la lignée aluminopotassique. Les granodiorites mancelliennes appartiennent également à cette lignée et il est d'autant plus probable que ces deux types de roche aient une parenté magmatique du fait que l'on observe sur le terrain des passages progressifs entre eux.

Dans le diagramme chimico-minéralogique de de La Roche (1984) les leucogranites mancelliens se placent dans le champ des granites banals, à proximité des granites alcalins.

Selon Laouenan (1983), les leucogranites mancelliens sont très pauvres en éléments traces :

- Ag, Bi, Mo, Sb, Ga, Ge, Zr et Co n'ont pu être détectés au quantomètre ;
- As, Sn, V, Cr, Ni, Sr, Be, La et Li sont présents en teneurs très faibles, inférieures à 50 ppm ;
- Ba et B apparaissent en pourcentage très variables (20 à 700 ppm pour Ba) ;
- Pb, Zn et Cu sont toujours présents, en quantités faibles, mais assez constantes pour l'ensemble de la population.

D'après Jonin (1981), ils se placent dans la lignée géochimique des granitoïdes du batholite manceau et seraient une manifestation tardive du magmatisme cadomien. Leur rapport isotopique $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,716$ indique une origine crustale.

γ_{b-m} . **Granites fins à biotite et muscovite, mésocrates à leucocrates.** Des granites à grain fin s'observent principalement dans la moitié orientale de la feuille :

- en bordure de la granodiorite de Saint-Barthélémy, à la Fieffe-Renault, au Sud-Est de Sourdeval et au sein de cette roche ;

TABLEAU 6 - COMPOSITION CHIMIQUE DE LEUCOGRANITES DE LA MANCELLIA SEPTENTRIONALE

d'après Laouenan (1983); échantillon V24 d'après Jonin (1981)

Types	Indifférenciés	γ_a^{1-2}						$f\gamma_{bm}$					
Localisation	Mancellia septentrionale	Mont-Buon (SE Saint-Poix)			Mont-Furgon - Mont d'Eron (Chérencé-le-Roussel - Brouain)			Massif de Saint-Barthélemy	Les Landes (Vengeons)	La Valette - La-Noë Aubay (Le Fresne - Poret)			La Belière Vieval (E Ger)
Echantillons	Moyenne (35 éch.)	MGO15	V 24	MGO16	MGO4	248	MGO7	MGO3	253	256	257	258	260 c
SiO ²	74,80	74,70	75,80	76,90	74,60	74,30	71,90	75,20	72,80	75,00	73,40	73,70	74,90
Al ² O ³	13,90	14,10	13,74	12,90	14,00	14,00	15,50	13,70	15,10	14,20	14,70	14,70	13,20
Fe ² O ³ total	1,10	0,80	0,76	0,30	0,80	1,10	1,10	1,10	1,40	1,70	1,40	1,30	1,10
MnO	0,02		0,01										
MgO	0,20	0,10	0,17	0,10	0,10	0,20	0,10	0,10	0,30	0,30	0,20	0,10	0,30
CaO	0,25	0,10	0,32	0,10	0,10	0,20	0,10	0,10	0,50	0,20	0,30	0,40	0,20
Nu ² O	3,55	4,00	3,48	2,60	4,00	3,30	3,80	3,30	3,90	2,80	3,70	3,80	3,40
K ² O	4,60	4,80	4,56	5,60	4,60	4,90	5,40	4,80	4,50	4,50	4,50	4,30	4,50
TiO ²	0,10	0,10	0,05	0,20	0,20	0,10	0,20	0,20	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10
H ² O ⁺	0,50		0,96										
H ² O ⁻	0,10		0,09										
TOTAL		98,70	99,94	98,70	98,40	98,10	98,10	98,50	98,60	98,90	98,30	98,40	97,70

- en bordure du massif de Chaulieu, en petits massifs satellites, à l'Est du Château de La Cour et surtout au Nord de Saint-Jean-des-Bois ;
- dans le petit massif de Viéval et à l'extrémité occidentale du massif de Saint-Bomer qui s'étend principalement sur la feuille voisine de Flers ;
- en massif isolé, au Sud de Tinchebray.

On y observe tous les termes de transition entre des granites mésocrates presque aussi sombres que la granodiorite de Vire et des granites franchement leucocrates avec même des faciès aplitiques.

Les faciès mésocrates. D'un gris clair soutenu, les faciès mésocrates sont particulièrement abondants dans le massif de Saint-Jean-des-Bois. Ils peuvent être observés sous le chevet de l'église de cette localité, au fond du vallon. La texture de la roche est finement grenue, la majorité des cristaux ayant une longueur voisine de 1 mm. Elle est rarement orientée.

En plaque mince, les minéraux apparaissent souvent imbriqués. Le quartz (environ 30 %) est en habitus variés et de place en place, en agglomérats polycristallins, en "bulles" ou en structures micropegmatitiques dans les feldspaths. La biotite, souvent chloritisée ou mêlée de muscovite, est plus abondante que cette dernière. Les feldspaths potassiques, orthose et microcline, sont parfois poecilites. On en distingue souvent deux générations. La proportion de plagioclase acide est très variable (5 à 20 %). La cordiérite est souvent présente. La roche contient fréquemment des enclaves hyperalumineuses, à andalousite, + hypermicacées à biotite et chlorite ou encore hyperplagioclasiques.

Sur les bordures septentrionale et méridionale du petit massif de Tinchebray, en particulier dans les anciennes carrières des "Pavements", on observe un faciès plus grossier, à grains de 0,5 à 2 mm, dont l'aspect se rapproche de celui de la granodiorite. La biotite, souvent fraîche y est abondante. Le quartz à tendance automorphe et le feldspath potassique sont déformés. Celui-ci est un microcline perthitique subautomorphe, mâclé Karlsbad ; le plagioclase est zoné. La muscovite est abondante.

Les faciès leucocrates. Gris très clair, beiges à l'altération, les faciès leucocrates sont bien exposés dans une ancienne carrière située 1,7 km au Sud de l'église de Tinchebray. Au microscope, la roche diffère essentiellement des faciès mésocrates par une abondance plus grande de muscovite et moindre de biotite. Elle renferme fréquemment de la tourmaline et parfois de l'andalousite (rose et résiduelle, dans la carrière de Tinchebray). Elle peut contenir également de la cordiérite. Des faciès clairs, parfois microgrenus (Sud du Fresne Poret ; vallon à l'Est de la carrière de Tinchebray : leucogranite à larges muscovites) montrent nettement deux générations de muscovite, la seconde nettement deutérique, le minéral, poecilite, englobant des quartz. Dans ces faciès la chlorite hydrothermale est fréquente. Des passées très claires à tendance aplitique ne sont pas rares, en particulier près de la Fieffe-Renault, 4 km au Sud-Est de Sourdeval.

Relation des granites fins à biotite et muscovite avec les granodiorites mancelliennes. La finesse de leur grain, leur genèse en plusieurs phases de cristallisation, la présence de structures micropegmatiques et de tourmaline conduit à interpréter les granites fins à biotite et muscovite comme des faciès de bordure des granodiorites mancelliennes.

γ_a^{1-2} . **Leucogranites grossiers, localement à tendance pegmatitique**, à muscovite et biotite, fantômes de cordiérite et tourmaline. Des leucogranites de grain moyen à grossier forment une série de buttes au Sud d'une ligne Saint-Pois - Brouains (axe leucogranitique de Chérencé-le-Roussel de Laouenan, 1983) qui sont d'Ouest en Est :

- le mont Buon (butte boisée culminant à 209 m au Sud-Est de Saint-Pois) ;
- la butte du Chênot ;
- la butte du château de Lingard (ou de la ferme des Roulleries) ;
- le Mont Furgon, entre Macherel et la Haslerie ;
- le Mont d'Eron.

Sur ces buttes, la roche la plus répandue a une teinte d'ensemble blanchâtre à crème (fond feldspathique) mouchetée de gris clair (quartz) et de paillettes argentées (mica blanc = muscovite). A l'altération, elle se couvre de taches ocres, puis prend entièrement cette couleur. Sur le terrain, les granites γ_a^{1-2} apparaissent assez hétérogène, avec des variations assez importantes du grain et de la teneur en biotite.

La plupart des faciès comprennent :

- du quartz en abondance (30 à 40 %) en habitus variés, parfois automorphe, fréquemment en association pegmatitique avec les feldspaths ;
- des feldspaths potassiques, orthose et microcline fréquemment albitisés ;
- des feldspaths plagioclases, albite à oligoclase, parfois automorphes ;
- de l'albite "tardive", interstitielle et en néoformation dans les feldspaths potassiques ;
- de la muscovite en habitus variés : primaire, en grandes paillettes et en gerbes, secondaire, en pseudomorphose de cordiérite (gigantolite) ou dans les feldspaths altérés ;
- de la biotite, généralement peu abondante, parfois absente (Mont Buon), souvent chloritisée ;
- des fantômes de cordiérite, remplacés par des amas de muscovite et de chlorite ; localement de la chlorite hydrothermale (voisinage de la chapelle de Montfort) ;
- parmi les minéraux accessoires, l'apatite est fréquente et le grenat a été localement observé.

Dans la carrière de Mont Buon, la roche est très claire et dépourvue de biotite. Jonin (1981) en a donné une analyse modale volumique : quartz = 37,5 % ; feldspaths potassiques perthitiques = 24 % ; plagioclases = 30 % ; muscovite = 8 % ; divers 0,5 %. Elle contient des sulfures, pyrite et mispickel, localisés selon Laouenan (1983) dans des joints.

Variations de faciès ; relations avec la granodiorite de Vire ; âge. Dans la carrière située à l'Ouest de la D 33 entre la Herte et le Chênot ("carrière de la Herte"), la roche, assez riche en biotite chloritisée (10 % environ) est plus sombre. Dans les lambeaux tectoniques situés plus au Nord-Est, son faciès se rapproche de la granodiorite. Au Sud du Montfort et du Mont d'Eron, on observe un passage progressif des leucogranites à la granodiorite, par l'intermédiaire de ce même faciès. En d'autres points, au contact entre les deux roches, Laouenan (1983) a remarqué un faciès de bordure assez riche en biotite, "caractérisé par l'abondance de myrmeckite et des associations quartzofeldspathiques micropegmatitiques". Il a retrouvé cette roche en filonnets dans la granodiorite. La mise en place des granites γ_a^{1-2} pourrait donc être

postérieure à celle de la granodiorite. Par la méthode Rb / Sr Jonin et Vidal (1975) ont déterminé un âge de 525 ± 6 Ma (recalculé avec la constante $\lambda^{87}_{\text{Rb}} = 1,42.10^{11} \text{ an}^{-1}$) sur 6 échantillons de leucogranites prélevés dans les parties occidentale et nord-occidentale de la Mancellia dont un provient du Mont Buon. Il est plus récent que la plupart des âges proposés pour la granodiorite de Vire (cf. tableau n° 2). La parenté géochimique entre les deux types de roches et les passages progressifs de l'une à l'autre sont cependant de bons arguments pour un certain cogénéisme. Mais selon Fouillac *et al.* (à paraître), les leucogranites ont une constitution isotopique initiale du Sr plus élevée et proviendraient, comme les granodiorites, d'une fusion crustale, mais de source différente.

ROCHES FILONIENNES

P. Pegmatites. Ces roches sont décrites dans la rubrique consacrée aux granitoïdes mancelliens.

Q. Quartz. Sur le terrain, la présence de filons de quartz se manifeste le plus souvent par l'abondance de blocs de quartz blanc laiteux épars. Ils sont difficiles à localiser avec précision, les phénomènes de solifluxion ayant généralement étalé les fragments de quartz au niveau du sol et l'homme ayant durant des siècles entassé les blocs dans les haies. Les filons les plus importants ont une direction subméridienne (N 150° E à N 180° E) :

- le filon de l'Aubrière entre Saint-Michel-de-Montjoie et Gathemo ;
- le filon de la Goupillière ou de la Beaugeardière au Nord de Vengeons ;
- le filon de Romagny, à l'Ouest de Mortain.

Le filon de la Goupillière est minéralisé ; le quartz y est massif, gris foncé à blanc laiteux parfois translucide, rose ou rouille à l'altération. Il contient localement de gros cristaux de microcline et de muscovite. La minéralisation se présente sous forme de sulfures tels que la pyrite, la chalcopyrite, la galène et le mispickel. La formation de ce filon est probablement polyphasée : succession de plusieurs faciès (quartz rubané, concrétionné et bréchiq) ; verrues d'aplite, bouffées leucogranitiques (Laouenan, 1983).

Les filons de moindre importance ont des directions variées et s'observent souvent dans des zones de failles ou à proximité, parallèlement à celles-ci ou obliquement (réseau conjugué de fractures ou de diaclases). Ils présentent fréquemment une structure bréchiq.

V. Lamprophyres. Deux venues lamprophyriques sont visibles sur l'ensemble de la feuille Mortain. L'une est située au contact des grès culminants et des ampélites au Sud de la Houdonnière (x = 374,40 ; y = 109,25), l'autre, visible dans un chemin creux au Sud de l'Etre-Jobard (x = 373,75 ; y = 110,85) est intercalée entre le Grès armoricain, les cornéennes et le granite. En ce point, la roche présente une texture subhorizontale mylonitique, mais ses relations avec l'encaissant ne sont pas claires (filon ou sill ?). Le faciès pétrographique est celui des kersantites (Enouf, 1981) : fond de feldspaths totalement illitisés, très nombreuses et volumineuses paillettes de biotite chloritisée et décolorée, quartz en plages résiduelles, apatite aciculaire, présence d'amphibole.

TABLEAU 7 - COMPOSITION DE DOLÉRITES DE RÉGIONS VOISINES DU MORTAINAIS

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF	Total
A	50,50	15,40	17,97	n.d.	4,49	7,46	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	95,82
B	48,93	12,94	15,90	0,21	4,81	7,91	3,13	0,96	3,98	0,60	1,08	100,45

A - Tinchebray (Orne), limite ouest de la commune ; Moulin de Noirie ; analyse aimablement communiquée par la Société Saint-Gobain - Isover.

B - Saint-Siméon (Orne), feuille à 1/50.000 Landivy. Analyse CRPG Nancy publiée par J. Le Gall et G. Mary (1983).

Dans ce même secteur de l'Etrem-Jobard, affleure la terminaison de la granodiorite de Saint-Bômer-Lonlay ; on y observe la présence de dolérite quartzique mylonitisée, de quartz filonien bréchiq ue et de granite mylonitisé. Le mauvais état des affleurements ne permet pas d'étudier convenablement la structure complexe de ce secteur. Cependant, la cataclase générale atteste le passage de l'accident limite du flanc nord du synclinal de Mortain. L'âge de ces lamprophyres se situe donc postérieurement au Wenlockien et avant la compression varisque majeure.

É. Dolérites. De la vallée de la Rance (Nord-Est de la Bretagne) au Domfrontais, le socle cadomien est injecté de filons de dolérites, de puissance métrique à décamétrique orientés de façon prédominante selon des directions subméridiennes. Généralement très altérés en surface, ces filons affleurent très rarement et sont décelés uniquement par la présence de boules de dolérite éparées (dénommées localement "boulards"), formant des trainées que l'on peut suivre parfois sur plusieurs kilomètres. La taille de ces boules est très variable et peut atteindre plusieurs mètres cubes, mais elle est en moyenne inférieure à celle des boules de granite ; les boulards de 30 cm de diamètre environ sont fréquents. Ce débit particulier est le résultat d'une altération météorique ; la roche saine, de couleur gris sombre à verdâtre est entourée d'un cortex d'altération brunâtre se desquamant en pelures d'oignon.

Les murs du cimetière de Barenton offrent un bon échantillonnage des divers faciès de dolérite en provenance du filon voisin.

La plupart des filons étant peu épais, la roche a généralement un grain fin, inférieur au millimètre. Sa texture est ophitique à intersertale (filon de Barenton). Les lattes de plagioclase (andésine, labrador) assemblées en charpente, délimitent des espaces occupés par des cristaux d'augite, quelques amphiboles (hornblende brune), de rares olivines très altérées, de la chlorite, du quartz interstitiel et de la calcite. Les feldspaths sont fréquemment altérés en zoisite et peuvent inclure des pyroxènes, dans les faciès les plus basiques. L'augite est parfois ouralitisée et les amphiboles, primaires ou secondaires, sont totalement rétro-morphosées. Certains faciès, de même texture que les dolérites franches riches en amphiboles, peuvent contenir jusqu'à 10 % de quartz de type rhyolitique et de la biotite. Ils se classent parmi les diorites quartziques (Saint-Clément de Rancoudray, Barenton et surtout l'affleurement noté η, 5 km au Sud-Est de Ger).

Les minéraux accessoires sont l'apatite, le rutile, quelques sulfures et certains filons montrent une proportion importante de magnétite (jusqu'à 15 % : filons de Barenton, de Brouain, de la Fieffe-au-Merciers au Sud-Est de Sourdeval) d'après Laouenan (1983).

Le chimisme des dolérites mancelliennes est gabbroïque à dioritique. Le Gall et Mary (1983) ont publié des analyses chimiques sur des dolérites de la partie méridionale de la Mancellia dont l'une provient d'un filon sur la feuille voisine de Landivy (tableau n° 7). Ils placent ces roches dans la lignée tholétique.

Les dolérites mancelliennes recoupent indifféremment toutes les formations du socle cadomien : sédiments briovériens, granodiorites, leucogranites. Nulle part dans la région, ils ne traversent les formations paléozoïques. Un âge fini-cadomien à post-cadomien et antérieur au Cambrien pourrait donc leur

être attribué. Cependant, l'hypothèse d'une mise en place plus tardive est étayée par plusieurs études :

— Par la *méthode radiochronologique K/A.*, Leutwein *et al.* (1972) ont attribué un âge de 360 ± 10 Ma au dolérites de la partie bretonne de la Mancellia.

— Par leurs *caractéristiques géochimiques* (Le Gall et Mary, 1983), les dolérites de la Mancellia méridionale se distinguent nettement des manifestations éruptives basiques d'âge cadomien démontré et se rapprochent des sills basiques injectés dans les formations siluriennes et dévoniennes du bassin de Laval.

Dans l'hypothèse d'un âge dévonien, les dolérites se seraient mises en place selon des fractures subméridiennes ouvertes dans le socle cadomien en contre-coup des phénomènes de compressions dus à la phase bretonne ou à ses prémisses, particulièrement intenses dans le Sud du Massif armoricain.

FORMATIONS PALÉOZOIQUES

Ce chapitre a été rédigé essentiellement d'après les thèses de Enouf (1981) et Laouenan (1983) du laboratoire de Géologie de l'Université de Caen.

Le quart sud-est de la feuille est partiellement occupé par une structure varisque connue sous le nom de "synclinal de Mortain-Domfront" ; cette structure qui implique des formations gréseuses et schisteuses occupe une bande est-ouest de 20 x 4 km en prolongement de l'axe granodioritique d'Avranches-Juvigny-le-Tertre.

La sédimentation paléozoïque sur la Mancellia débute classiquement par la transgression arénigienne caractérisée par la formation très largement distribuée du Grès armoricain ; une formation grés-argileuse attribuable au Cambrien a cependant été retrouvée sous ces grès au contact direct du granite (C. Enouf, 1981).

k. Cambrien ? Formation de la Riffaudais. Au cours des levés de la feuille Mortain, à l'extrémité occidentale du synclinal paléozoïque, la carrière de la Riffaudais (commune de Romagny : $x = 335,500$; $y = 112,600^*$) a montré une série de couches, stratigraphiquement inférieures au Grès armoricain transgressif, piégées dans une dépression de la granodiorite, fossilisant ainsi localement la surface de la pénélaine post-cadomienne. La puissance totale de la formation de la Riffaudais n'excède pas 3,50 m, pour 40 m de largeur environ.

Aux alentours, la granodiorite est profondément altérée et arénisée, sauf sous les sédiments cambriens (?) où elle montre des traces très nettes de cataclase, et des enclaves de quartz. Dans la partie ouest de la carrière, le contact entre la granodiorite et les sédiments cambriens (?) est faillé.

* Coordonnées Lambert zone I.

La coupe de la formation de la Riffaudais est la suivante, de bas en haut :

- 0,75 m : argilite brune dolomitique décarbonatée (fantômes de cristaux de dolomite dans un fond quartzo-phylliteux).
- 0,30 m : grès quartzo-feldspathique brun à noirâtre en plaquettes, à passées grossières ou fines.
- 0,80 m : argiles jaunâtres à la base, blanches ou rosées au sommet, intercalation de grès très fin riche en oxydes de fer,
- sur 1,30 m : grès grossier, blanc à verdâtre, en bancs centimétriques, bioturbations mal conservées (pistes et terriers).

Cette formation est surmontée par le Grès armoricain qui affleure 50 m plus au Nord sous le faciès de conglomérat de base à graviers de quartz et lentilles de schistes. Aucune discordance angulaire n'a pu être mise en évidence du fait du faible pendage des couches et de la morphologie de la cuvette.

La subordination à la base du Grès armoricain, de la formation de la Riffaudais, pourrait la rattacher à la formation la plus élevée du dernier cycle cambro-trémadocien régional, le Grès de Montabot, bien qu'apparemment les deux faciès soient très différents. Par contre, le Cambrien inférieur de la zone bocaine contient un horizon dolomitique dont les faciès d'altération sont tout-à-fait comparables à ceux de la formation de la Riffaudais.

Par sa lithologie et ses faciès d'altération, cette formation serait tout à fait semblable au Cambrien inférieur de la zone bocaine s'il n'y manquait le conglomérat de base.

O2. Arénigien. Grès armoricain. La série ordovicienne débute par la formation du Grès armoricain, puissante de 120 m environ, très bien exposée sur toute la bordure sud du synclinal et à l'aplomb de Mortain. Le faciès local caractéristique peut être observé à la "Fosse Arthur" ou au rocher de la "Petite Chapelle" au-dessus de Mortain. On y observe un grès quartzite (quartz-arénite) blanc ou gris, en bancs massifs métriques à la base et plus mince au sommet de la série où il est riche en terriers de vers verticaux (*Skolithos*) fossilisés qui sont de bons indicateurs pour les mesures de pendage et la polarité des couches, faute d'éléments plus sûrs.

Le faciès est assez constant mais montre parfois localement à la base des passées à galets de quartz centimétriques (poudingues de base à la Riffaudais et à Mortain, visibles sur 20 à 30 cm d'épaisseur dans la tranchée du Rocher de l'Aiguille, et poudingue à galets pugillaires en blocs épars à la Haute Ville au Nord-Est de Barenton).

La faune du Grès armoricain du synclinal de Mortain est inexistante : on trouve dans la bibliographie (Enouf, 1981) mention de "*Lingula salteri*" à Mortain ; l'ichnocoenose à *Skolithos* (ex-Tigillites) est caractéristique d'un milieu de plage sableuse, mais ne donne aucune indication sur l'âge de la formation. Cependant, dans le synclinal de Domfront, qui prolonge celui de Mortain, la partie supérieure du Grès armoricain est intercalée de schistes noirs ayant fourni des chitinozoaires d'âge Arénigien inférieur (Robardet, 1981).

O3-4. Llanvirnien-Llandeilien. Schistes du Pissot. La sédimentation gréseuse passe assez rapidement par l'intermédiaire d'alternances grésopélitiques à la sédimentation pélitique des Schistes du Pissot, dont les niveaux enrichis en fer ont fait l'objet d'exploitation jusqu'au début du siècle. Cette formation a été

définie au Pissot, près de Domfront, où la faune de trilobites a été datée du Llanvirnien-Llandeilien (ex-schistes à Calymènes des cartes à 1/80 000).

Des précisions chronostratigraphiques récentes concernant la formation du Pissot (Robardet, 1981) indiquent grâce aux chitinozoaires, un âge Arénigien pour les quatre premiers mètres. La faune du gisement de la gare de Mortain donne un âge Llandeilien inférieur pour la partie sommitale de la formation ; les tribolites y sont abondants : *Neseuretus tristani*, *Kloucekiya micheli*, *Placoparia tournemini*, *Plaesiacomia oehlerti*, *Morgatia hupei*, *Colpocoryphe rouaulti*, *Uralichas*, *Selenopeltis*, *Ectillaenus*, *Prinocheilus*, Asaphidés. On y trouve également des ostracodes (*Pseudulrichia*, *Aparchites*), des brachiopodes et des cystidés.

L'épaisseur de la série atteint 220 m ; les faciès sont homogènes dans l'ensemble, bien qu'apparemment inégalement répartis. Les affleurements remarquables sont :

- la tranchée de chemin de fer du Neubourg, sous le pont (gîte fossilifère) x = 358,20 ; y = 112,0,
- la chapelle de Bourberouge et le GR 22 de Bourberouge à Rancoudray,
- l'ancienne mine de fer de Berdalier (plan incliné très dangereux) x = 365,45 ; y = 108,75,
- la Fosse Arthour (déversoir de l'étang) x = 372,40 ; y = 107,30.

La formation du Pissot se compose d'argilites et de siltites noires micacées, contenant parfois de petits lits gréseux. Les niveaux de base, visibles à la Fosse Arthour, contiennent un niveau de minerai de fer chloriteux oolithique vert-foncé de 2 m de puissance, intercalé dans des silts noirs à nodules silico-argileux aplatis de 2 à 10 cm de long, alignés dans le litage. La série continue ensuite sur une vingtaine de mètres par des niveaux gréséo-pélitiques sombres à petits nodules phosphatés. L'ensemble de la coupe visible en ce point représente les 60 premiers mètres de la formation du Pissot, au-dessus du Grès armoricain massif.

La position stratigraphique des faciès visibles à la Fosse Arthour ne correspond pas à celle du secteur d'Halouze (feuille Flers à 1/50 000) où au contraire, les niveaux à nodules se trouvent à la partie supérieure de la formation. Ces variations dans la situation verticale des faciès sont aussi illustrées par les variations de puissance du minerai de fer (quelques centimètres à plusieurs mètres), et de position : au toit du Grès armoricain à la mine de Berdalier, ou à plusieurs dizaines de mètres du toit de cette formation à la Fosse Arthour, où il est divisé en plusieurs petits bancs plus ou moins minéralisés.

La corrélation teneur-puissance des deux concessions Mortain et Bourberouge met en évidence un chenal de sédimentation ferrifère (cf. carte) dont la zone d'alimentation était située à l'Ouest (décroissance des teneurs et des puissances d'Ouest en Est). L'axe du chenal est parallèle à l'axe de la structure hercynienne, ce qui implique une topographie ordovicienne déjà prédéterminée ayant conditionné ensuite la tectogenèse hercynienne.

O4-5. **Llandeilien-Caradocien. Grès de May.** Les schistes du Pissot passent brutalement à un ensemble gréseux d'une centaine de mètres d'épaisseur, dont les caractères lithologiques sont comparables à ceux de la formation des Grès de May (Calvados) ; cet ensemble n'a cependant pas pu être subdivisé en Petit

May (ou Grès de May inférieur) et Grand May (ou Grès de May supérieur) en l'absence d'intercalation schisteuse intermédiaire.

Ces grès affleurent rarement sur la feuille Mortain ; on peut toutefois citer les carrières du Moulin Foulon ($x = 371,40$; $y = 107,90$) et du Gué Thibault ($x = 369,85$; $y = 110,15$). Ils s'altèrent très facilement en donnant un faciès sableux. Aucun fossile n'a été trouvé dans cette formation, aussi l'âge Llandeilien-Caradocien n'est-il attribué que par analogie de faciès avec les Grès de May.

La carrière du Moulin Foulon montre, à la base, des grès grisâtres en bancs pluridécimétriques, feldspathiques et psammitiques, puis une passée plus nettement psammitique en petits bancs décimétriques ; une masse de 6,30 m de puissance de grès en gros bancs métriques succède aux niveaux psammitiques. Ces grès massifs montrent aux interfaces inférieures des bancs, de nombreux moulages de ripple-marks. Du point de vue pétrographique, ce sont des arénites à grain très fin (quartz anguleux $< 200 \mu\text{m}$) sans granoclasement ni matrice.

Les phyllites sont nombreuses par endroits, mais ne dépassent pas 15 % du total des minéraux figurés.

Os5a. Caradocien. Schistes du Pont-de-Caen. Aucun affleurement réel de cette formation n'a pu être trouvé sur le territoire couvert par la feuille Mortain ; la cartographie montre cependant que cet épisode schisteux existe et qu'il a une puissance d'environ 150 m. Quelques blocs de schistes intensément bioturbés pourraient appartenir à cet ensemble (Laouenan, 1983).

La localité-type se situe sur la feuille voisine de Flers-de-l'Orne : on y observe le passage des Grès de May aux Schistes du Pont-de-Caen par l'envahissement progressif de passées schisteuses dans le corps gréseux (Enouf, 1981). L'affleurement ($x = 380,15$; $y = 104,55$) est constitué d'argilites noires, peu fissiles, à nombreux bancs gréso-micacés peu épais, centimétriques et plus clairs, intercalés dans la formation. Un niveau gréseux micacé de teinte claire plurimétrique surmonte cette formation.

Les schistes sont fossilifères à 10 m environ au-dessus de la base (Robardet, 1973) : la faunule est constituée de trilobites, d'ostracodes et de chitinozoaires et permet d'attribuer un âge Caradocien, voire Caradocien inférieur pour la partie basale des Schistes du Pont-de-Caen.

O6. Ashgillien. Tillite de Feuguerolles. La rénovation d'un chemin creux du hameau de la Croix-de-Terre aux fermes de Ville-en-Pierre a permis de trouver le témoin, le plus occidental de Normandie, de cette formation, appelée aussi "pélites gréseuses à fragments polyédriques" (Laouenan, 1983). Cet affleurement ($x = 369,20$; $y = 110,70$) est unique sur la feuille Mortain ; il montre sur 1 m d'épaisseur une pélite jaune-rosâtre sans stratification apparente contenant de nombreux galets mal classés, d'aspect noduleux, de nature pélitique pour la plupart. L'existence d'un autre affleurement en limite ouest de la feuille voisine de Flers (Enouf, 1981) permettrait d'envisager une certaine continuité de la formation, du moins jusqu'à la Croix-de-Terre.

L'origine glacio-marine de cette formation est fondée sur la présence de galets striés et sur le médiocre classement des constituants (Dangeard et Doré, 1971 ; Doré et Le Gall, 1972) du matériel étudié dans les synclinaux de May et

d'Urville. Des galets calcaires remaniés à faune de conodontes ashgilliens fixent l'âge maximum de la formation, l'âge minimum étant donné par la faune de la limite Ashgillien-Llandovérien de la formation sus-jacente du Grès culminant.

O6-S1. Ashgillien-Llandovérien. Grès culminant. Bien que très marqué dans la morphologie, ce membre gréseux de 80 à 100 m de puissance affleure peu ; une carrière située juste en limite de la feuille Flers, à Lonlay-l'Abbaye, montre l'aspect type de ces grès en bancs décimétriques réguliers. L'affleurement de la Croix-de-Terre, au Sud de la limite communale de Ger, donne un grès feldspathique très riche en petits cubes isolés de pyrite ou en petits amas sphériques microcristallins ; l'oxydation de la pyrite parseme la roche de taches de rouille, les blocs épars sont parfois riches en galets de boue.

Cette formation était autrefois subdivisée en deux membres : grès et schistes du Tertre de la Violière (Matte, 1906 et Robardet, 1981) correspondant à la partie inférieure, schistes et grès du Desfais (Matte) succédant au membre précédent et constitués de quartzites sombres en petits bancs lardés de filonets de quartz. Une faune de graptolites trouvée à la Croix Pavée, à l'Est Nord-Est de Domfront (feuille Flers), au sommet de la formation (Robardet, 1973 et 1981), montrant la coexistence de *Climacograptus normalis* et d'*Orthograptus truncatus abbreviatus*, conduit à donner un âge ashgillien-llandovérien au Grès culminant.

S1-3a. Wenlockien à Ludlowien inférieur. Ampélites. Le contact inférieur des ampélites siluriennes avec le Grès culminant n'a pu être observé jusqu'à présent. Aucune coupe continue de cette formation n'est d'ailleurs connue. Des schistes ampéliteux à graptolites sont connus depuis 1861 (Dalimier) au Sud de Ger, au Moulin des Fanières, dans la rive sud du ruisseau à quelques mètres de l'ancien moulin (x = 368,600 ; y = 112,100). L'étude de ce gisement a été reprise par Robardet, 1981, qui y signale une faune graptolitique du Ludlowien inférieur : *Pristiograptus dubius* s.l., *Saetograptus (Saetograptus) chimaera chimaera*, *Saetograptus (Saetograptus) fritschi fritschi*.

Les faciès sont assez variables depuis les ampélites vraies du Moulin des Fanières, qui semblent avoir été exploitées autrefois comme terre à poterie (grès cérames blancs porcelanés) : l'affleurement très altéré montre une argile noire d'aspect graphiteux et des schistes noirs à graptolites et orthocères, jusqu'aux schistes, gris-sombre (aspect d'ardoise) à lentilles de grès très durs à stratification entrecroisée, visibles en place entre Chancelot et Ker-Maria.

Des limons d'altération recouvrent systématiquement toute la formation, qui constitue le dernier terme paléozoïque visible. Les gisements fossilifères étudiés dans la région (synclinal de Domfront) indiquent des âges wenlockien à ludlowien inférieur (Robardet, 1981).

FORMATIONS SUPERFICIELLES. QUATERNAIRE

Les formations superficielles forment une couverture meuble quasi continue, le substrat, granitique, gréseux ou schisteux, n'apparaissant qu'en pointements rocheux dans les carrières ou encore dans les fouilles des terrassements. Dans l'ensemble elles ne sont pas très épaisses et elles n'ont été figurées que localement :

- lorsqu'elles masquent complètement le substrat, sans qu'on puisse présumer de la nature de celui-ci ;
- lorsqu'elles présentent un intérêt particulier d'ordre économique ou scientifique.

Selon leur mode de mise en place, on distingue :

- les formations de versant, mises en place par solifluxion ou colluvionement ;
- les loess, dépôts de poussières, d'origine éolienne ;
- des formations d'altération, principalement des arènes granitiques ;
- des alluvions, dépôts fluviaux.

Formations fluviales.

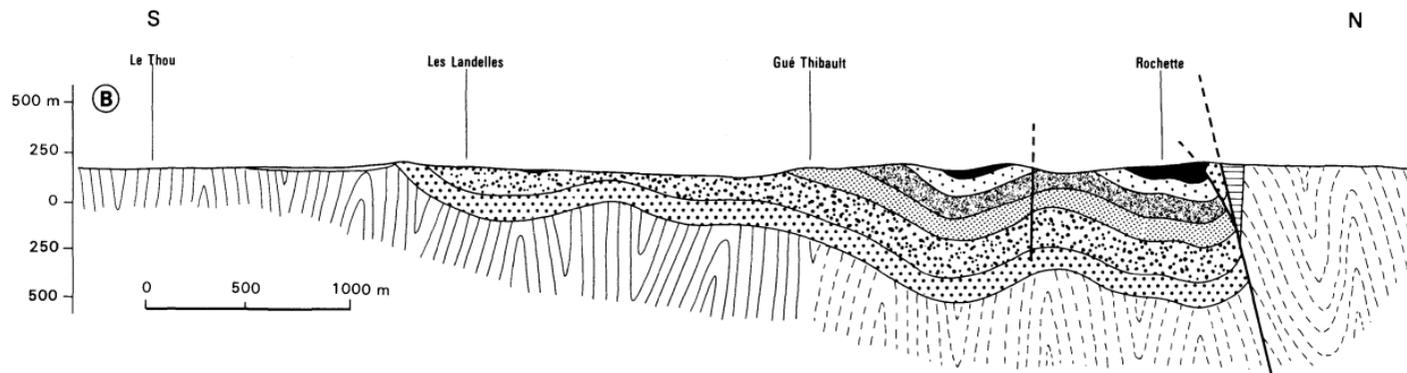
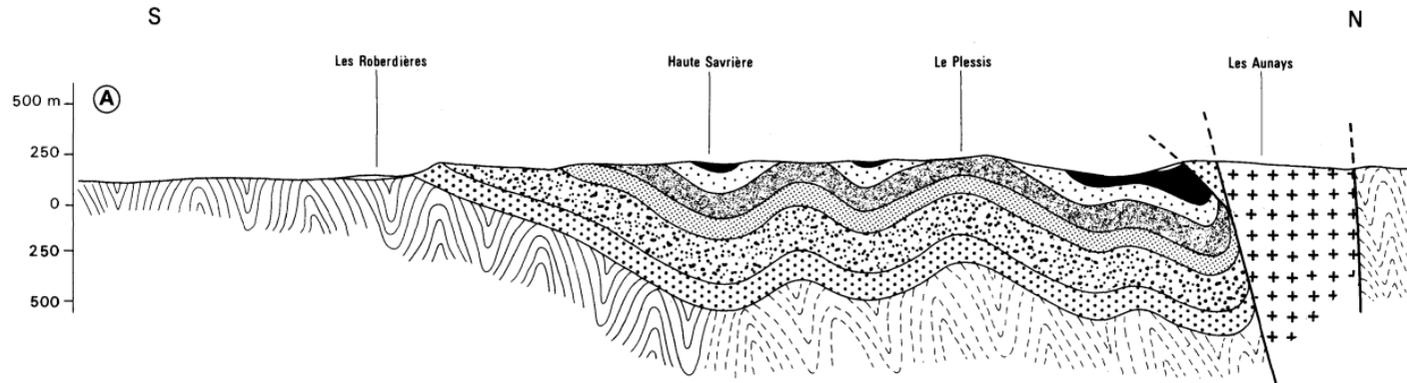
Alluvions anciennes.

Fv. Alluvions d'âge pleistocène inférieur. Au pied de la barre de Grès armoricain, bordant au Sud le Synclinal de Mortain, le glacis façonné sur les siltites et wackes du Briovérien est partiellement recouvert par des alluvions très grossières à blocs émoussés. Ces alluvions dérivent des éboulis de Grès et du head dont on les distingue parfois difficilement et d'apports fluviaux francs, en marge des vallées importantes : celle de la Cance, au débouché de la cluse de Mortain et celle de la Sonce, en aval de la Fosse Arthour. Elles jalonnent un véritable glacis-terrasse dont la morphologie est en grande partie héritée de glacis anciens d'âge tertiaire. Elles sont bien conservées dans la zone de rupture de pente entre le versant raide couvert de head (S) et le glacis. Leur épaisseur atteint 4 mètres.

Au Sud-Ouest de Domfront (feuille voisine), un dépôt laguno-lacustre d'âge Pleistocène inférieur est tronqué par la formation Fv. Celle-ci ne peut donc être antérieure au Pleistocène inférieur.

Les matériaux sablo-limono-argileux qui entourent ou recouvrent les blocs et galets présentent un faciès d'altération rouge (teinte code Munsell 5YR), panaché ocre et gris en cas d'hydromorphie, à fraction argileuse principalement kaolinique. Cette altération s'est développée sur une profondeur de 4 à 5 m, bien supérieure à celle de même type qui a affecté les formations briovériennes affleurant sur le glacis, le head et les alluvions Fw. L'âge de cette altération n'est pas connu avec précision ; elle a débuté avant le dépôt de Fw, mais elle a continué après celui-ci, vraisemblablement au milieu du Pleistocène moyen (cf. feuille à 1/50 000 Avranches).

Fw. Alluvions d'âge pleistocène moyen (pré-Saalien). Les alluvions Fw sont principalement conservées en rive droite de la Cance, en aval de Mortain où elles forment une haute terrasse peu emboîtée dans le glacis, 20 à 30 m au-dessus du niveau actuel de la rivière. Quelques témoins sont également conservés à l'Est de Saint-Jean-du-Corail et au Nord de Barenton. Ce sont des alluvions grossières provenant essentiellement du remaniement des éboulis de Grès armoricain et des alluvions Fv (photo 1). Au Sud de Mortain, leur épaisseur atteint 5 m (talus de terrassement des bâtiments de la Société Acome). Elles sont empâtées de sable limoneux et argileux qui a pris une teinte ocre à rougeâtre, par altération, sur une profondeur atteignant 2,50 mètres. Elles sont souvent solifluées sur le talus peu escarpé bordant la terrasse.



S. SW

N. NE

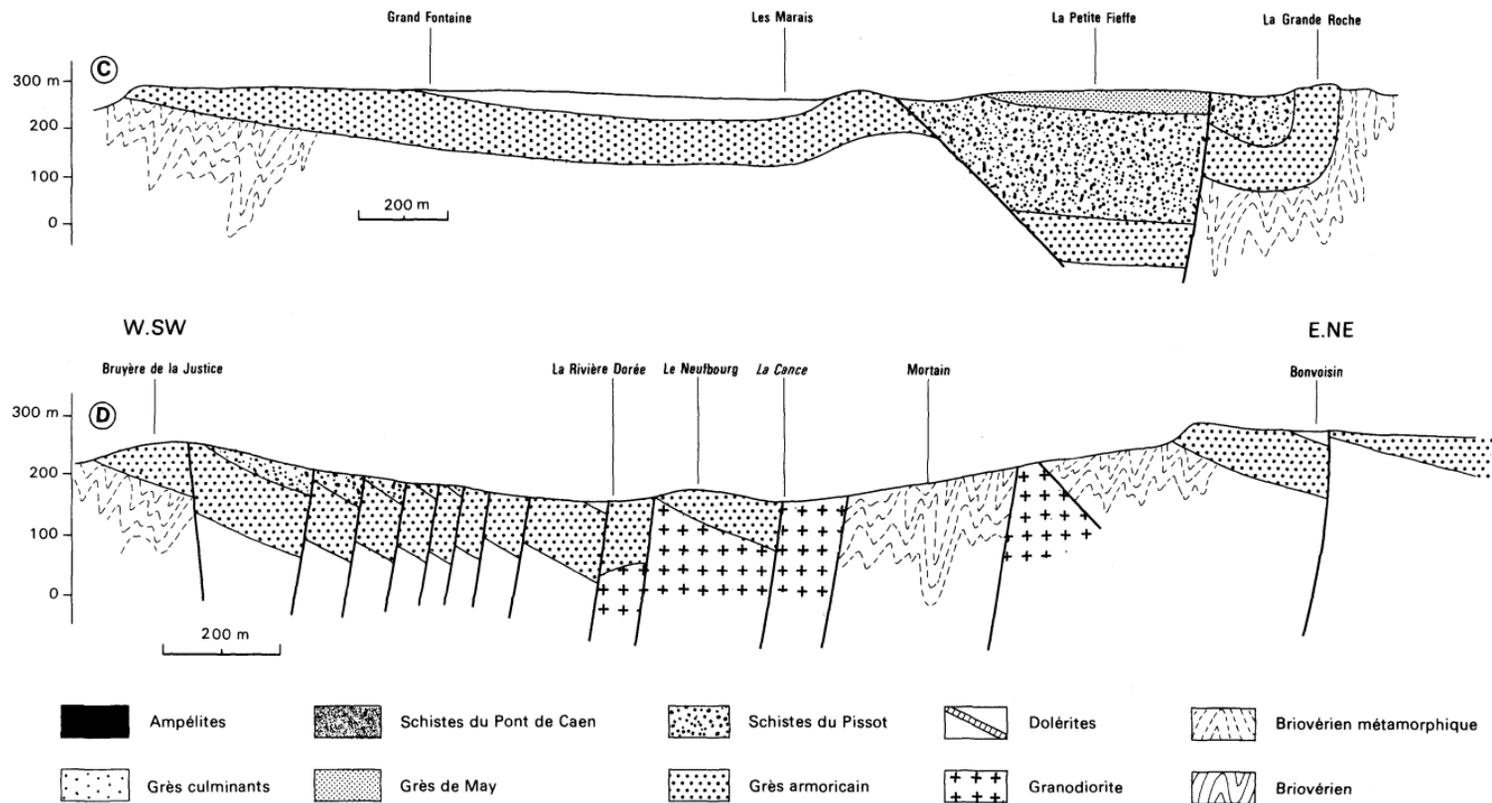


Fig.6 - Coupes lithostructurales de la structure synclinale varisque de Mortain
(A+B : d'après J.-P. Laouenan, 1983), (C+D : d'après R. Maillot, 1969)

Fx. Alluvions d'âge saalien probable. Les alluvions Fx sont principalement conservées dans la vallée de la Cance, en aval de Mortain, en rive droite du ruisseau de Chenilly, à l'Est de Saint-Jean-du-Corail, dans la vallée de la Sonce, en amont et en aval de la Fosse Arthour et dans la Vallée de la Sée, en amont du Mesnil-Gilbert. Elles forment une terrasse en rive droite de la Cance, 10 à 15 m au dessus du lit actuel de la rivière et elles ont été largement solifluées sur le talus en faible pente qui les sépare de la basse plaine alluviale actuelle.

Le matériel est très grossier, peu différent des alluvions Fw, mais l'altération de la matrice sablo-limono-argileuse est beaucoup moins intense. Dans la vallée de la Sonce, en amont de la Fosse Arthour et dans la Vallée de la Sée, le matériel est beaucoup moins grossier. Dans cette dernière, les galets sont essentiellement constitués de cornéennes et de leucogranite.



PHOTO 1 - Alluvions anciennes (Fw) de la Cance en aval de Mortain. Elles sont constituées essentiellement de blocs de Grès armoricain émoussés empâtés dans une matrice sablo-limono-argileuse. La formation est légèrement solifluée. Cliché J.P. Lautridou.

Dépôts récents.

Fy - Alluvions d'âge weichselien (wurmien). Les alluvions Fy n'affleurent pas. Ce sont des graviers, déposés en fond de vallée, lors de la phase de remblaiement finiwurmienne, entièrement recouvertes par les alluvions fines.

Au Sud de la feuille, dans les vallées de la Cance et de la Sonce, les alluvions Fy sont constituées de matériaux grossiers, à blocs de grès paléozoïques. Elles ne diffèrent des alluvions anciennes que par leur matrice plus sableuse et non altérée.

Dans les autres vallées, elles sont essentiellement constituées de fragments de cornéennes, d'autant plus émoussés que la rivière est plus importante. Localement s'y ajoutent des blocs et cailloux de granite plus ou moins émoussés et des fragments de quartz. Dans les vallons du massif de Vire les alluvions Fy ne comprennent que des éléments de granite et de quartz, l'épaisseur des alluvions weichseliennes dépasse rarement 1,50 m.

Tz. Tourbières holocènes. Dans les zones granitiques, en particulier dans le massif de Vire, les ruisseaux et rivières ont un cours très irrégulier, lié à l'arénisation très variable de la roche (vallons et vallées sont larges lorsque le cours d'eau traverse des zones où le granite est largement arénisé ("alvéoles")). Quand la roche est peu altérée, elle forme un seuil, parfois entaillé en gorge par le cours d'eau. Ce seuil ralentit l'écoulement de l'eau et favorise la formation de tourbières. Celles-ci sont généralement peu épaisses, peu étendues et n'ont pas été figurées, à l'exception de la tourbière de Gathemo, au Sud-Ouest du hameau de la Béchellerie (Lieu-dit, le Pré-Maudit). C'est une tourbière bombée, de type acide. Dans le cadre de la protection des sites naturels, elle est en voie de classement. La tourbe (le "poumon" en patois), de consistance assez variable, s'est formée principalement à partir des débris de cyperacées et de *Molinia coerulea* (Barthélémy et Lechevalier, 1984). Son épaisseur atteint et dépasse 3,50 mètres. Elle repose sur des sédiments fins, vaseux, comprenant des silts argileux, des sables et des dépôts riches en matière organique (gyttja). Cet ensemble est épais de 20 à 40 cm et atteint au maximum 80 centimètres. Il surmonte lui-même une arène granitique en place ou remaniée (litée), peu épaisse (quelques décimètres). Des études palynologiques ont été effectuées par Elhai (1960) et aussi par Barthélémy et Lechevalier (1984) qui donnent en outre des datations radiométriques au ¹⁴C. Selon eux, les arènes litées et la base des sédiments argileux dateraient de l'Alleröd (dernière phase tempérée du Tardiglaciaire) ou d'une phase tempérée antérieure, le sommet de ces derniers ayant été daté à -9250 ± 180 ans BP. L'analyse pollinique de matériaux prélevés en sondage montre l'évolution classique de la végétation dans la moitié nord de la France à l'Holocène, l'âge de la succession étant confirmé par des datations au ¹⁴C.

Fz. Alluvions et colluvions hydromorphes des pieds de versant, d'âge holocène. Sables et limons. Les fonds de vallées sont généralement tapissés par des limons sableux ou sables limoneux. La teinte de ces matériaux est gris clair panaché d'ocre (pseudogley) ou gris bleuâtre à gris verdâtre, dégageant une odeur putride (gley) selon qu'ils sont temporairement ou constamment baignés par la nappe aquifère alluviale. Les alluvions sableuses sont souvent blanchies et lessivées en surface. L'épaisseur des alluvions Fz est faible, généralement inférieure à 1 mètre. La fraction limoneuse provient du remaniement des loess, des altérites des formations briovériennes ou encore, pour les alluvions de la Sonce, des altérites des formations silteuses du Paléozoïque. La fraction sableuse, fine, lorsqu'elle provient des altérites de wackes briovériennes et des grès paléozoïques, est grossière dans les zones granitiques (arènes remaniées). Dans les aires marécageuses, en particulier dans les massifs de granite, les alluvions Fz peuvent renfermer de minces intercalations tourbeuses.

Lorsque la basse plaine alluviale se raccorde de manière insensible à un versant en très faible pente, on observe un passage progressif à des colluvions. Celles-ci sont constituées par les mêmes matériaux limono-sableux que les alluvions Fz ; elles sont généralement moins hydromorphes et souvent sèches, avec une teinte brun-clair à marron délavé (sols peu évolués d'apport colluvial

à sols bruns jeunes). Elles peuvent renfermer des passées de petits cailloux disposés parallèlement à la pente ou s'être imbriquées par solifluxion avec les formations caillouteuses de versant.

Formations d'altération

L'histoire géologique régionale nous enseigne que le Mortainais est situé en domaine continental depuis la fin du Carbonifère. Les formations, au fur et à mesure de leur mise à l'affleurement, ont donc été largement affectées par les agents d'altération. Toutefois, en raison de rajeunissements du relief, probablement récents, la couverture d'altérite n'est pas partout épaisse et elle est dans bien des secteurs discontinue. En outre, elle a été fréquemment remaniée par solifluxion. Pour cette raison elle n'a été représentée, par une teinte abaissée, que dans les massifs de granite d'Avranches et de Saint-Barthélémy.

Arènes granitiques. Par altération de ses minéraux micacés et de ses feldspaths, le granite devient tendre ("pierre de sable"), puis s'ameublît en un sable argileux : l'arène granitique. Fréquemment, par altération préférentielle selon les joints et des diaclases, le granite se débite en boules ayant généralement 0,5 à 2 m de diamètre. Dans ce cas, on observe généralement la succession suivante, de haut en bas (Verague, 1973) :

- boules de granite dures, résiduelles, en place ou remaniées par solifluxion ; isolées ou entourées de colluvions aréno-limoneuses ou d'arène litée, solifluée ;
- arène avec parties dures ou boules, généralement fortement altérées (quelques mètres) ;
- boules de granites, de moins en moins altérées vers le bas, entourées d'arène souvent colorée par des oxydes de fer (plusieurs mètres) ;
- granite beige, puis gris ("bleu") en profondeur.

Les limites entre les différentes zones sont généralement progressives et très irrégulières, plus souvent obliques qu'horizontales et parfois verticales.

Dans les granites faiblement altérés, les poches d'arènes ne sont pas rares ; le contact entre la roche et le sable peut suivre une diaclase subverticale. Les zones faillées sont souvent profondément arénisées.

Sur la carte, les zones très largement arénisées où le granite n'apparaît guère, que ce soit en boules ou en affleurements rocheux, ont été représentées par la teinte du granite abaissée. Dans les zones où le granite a été figuré en teinte vive, les boules et affleurements rocheux sont fréquents. Entre ces masses rocheuses, il est localement arénisé, en poches ou de manière discontinue.

γ_c⁴. Arènes sur granodiorite à biotite et cordiérite. Sables grossiers, argileux. Sur les granodiorites mancelliennes, les arènes sont bien développées dans les massifs d'Avranches et de Saint-Barthélémy. Elles affleurent bien, en carrière, au Nord de la D83, à mi-distance entre le Fresne-Poret et Ger, ainsi qu'au Mesnil-Rainfray, dans le talus de la D 595, le long d'une faille de direction WSW-ENE. Ce sont des sables grossiers, rêches, beiges et jaunâtres, argileux et hétérométriques (HQ : 5 à 10). Assez large, leur mode est généralement compris entre 0,5 et 1,25 mm. La valeur de la médiane est assez variable, habituellement comprise entre 0,3 et 1 mm, mais peut descendre en dessous de 0,05 mm dans les zones argileuses. Sa fraction grossière est constituée de débris de granite altéré, de cailloux de quartz et de fragments d'enclaves ; la

fraction arénite comprend essentiellement des grains de quartz, de feldspath altérés et des paillettes de mica altérées. Les débris de micas prédominent souvent dans la fraction fine, accompagnés de menus fragments de feldspaths altérés et de quartz. Si l'on extrapole les résultats obtenus par Verague (1973) sur le massif d'Athis, la fraction argileuse (5 à 20 %) est constituée de kaolinite, parfois prédominante, accompagnée de quantités variables d'illite, de smectite, d'interstratifiés irréguliers illite-vermiculite ou chlorite-vermiculite, de chlorite et localement d'un peu de gibbsite.

Αγ. Arènes en place ou légèrement remaniées sur leucogranites. Généralement plus résistant à l'altération que les granodiorites, les leucogranites sont arénisés de manière très discontinue, souvent en poches ou le long des zones de fractures. L'arène est exploitée à Lingéard, au Sud-Est de la butte du Chenot. Trois carrières abandonnées permettent également de bien les observer au Sud-Est du Mont Furgon, 500 m au Nord-Est de la Chapelle de Montfort et dans le leucogranite de Tinchebray. Au Mont Furgon et à Tinchebray, le matériau est en partie cohérent.

Les leucogranites présentant des variations de grain plus importantes que les granodiorites mancelliennes, les arènes provenant de leur altération ont une granulométrie beaucoup plus variable, mais elles sont, dans l'ensemble un peu moins argileuses.

Les boules de leucogranite ont fréquemment une forme subanguleuse. Elles sont particulièrement abondantes sur la crête du Mont Buon où elles forment des chaos (Butte 209 au Sud-Est de Saint-Poix).

Autres altérites. Très largement remaniées par solifluxion, les altérites des formations briovériennes et paléozoïques n'ont pas été figurées :

- les siltites briovériennes deviennent gris beige à beige verdâtre à l'altération ; elles se décomposent en menus fragments puis en un limon plus gris, plus argileux, plus hétérogène et beaucoup plus hétérométrique que les loess (courbe granulométrique cumulative logarithmique). C'est au Sud-Ouest de Mortain, jusqu'au Mesnillard, que ces altérites sont les mieux développées. Leur épaisseur peut atteindre 2 mètres ;
- les wackes du Briovérien sont un peu plus résistantes à l'altération ; elles prennent une teinte gris beige à beige et donnent un sable à grain moyen à fin très limoneux ;
- les cornéennes, moins fréquemment altérées, se décomposent en sables et limons de teinte souvent rougeâtre (altération plus anciennes, en raison de leur position topographique haute ?) ;
- les grès paléozoïques, en particulier le Grès armoricain, donnent à l'altération des cailloux et petits blocs de forme légèrement émoussée et des sables fins, limoneux et argileux de teinte ocre à rouge, mais souvent blanchâtre en conditions hydromorphes ;
- les formations silteuses et argileuses du Paléozoïque sont souvent altérées en surface en limons argileux ou en argile silteuse de teinte beige clair, ocre ou bariolée de rouge et de blanc.

Formation éolienne.

CEγ. Loess d'âge weichsélien (= wurmien). Ce sont des limons brun clair à brun-jaune non carbonatés et assez homogènes ("terre douce"). Ils sont principalement localisés au Sud-Ouest de Mortain sur le grand glacis développé sur

les siltites briovériennes, entre les collines de cornéennes et la Sélune. Ils appartiennent à une importante couverture éolienne périglaciaire bien développée à l'Est et au Sud-Est de la baie du Mont-Saint-Michel. Les vents d'Ouest, vannant le fond du golfe normanno-breton, alors exondé, ont déposé des sables éoliens à proximité de la côte et des loess plus à l'Est. Epaisse et bien conservée dans la région d'Avranches, la couverture de loess devient très discontinue dans le Mortainais et excède rarement 2 mètres. Seuls les lambeaux de plus d'un mètre d'épaisseur ont été cartographiés. En réalité les restes de la couverture loessique sont beaucoup plus étendus ; à l'exception des zones hautes ou en forte pente, on observe ce limon un peu partout, en placage peu épais, principalement sur les replats et les versants exposés au Nord-Est et à l'Est, ou encore mêlé par solifluxion ou colluvionnement aux altérites sous-jacentes. Sur les loess cartographiés s'est développé un sol brun lessivé post-glaciaire, parfois hydromorphe.

D'un point de vue sédimentologique, les loess de l'Avranchin et du Mortainais se caractérisent par une nette prédominance de la fraction silteuse (10 à 50 μm). La fraction sableuse est peu importante (moins de 10 %) et le pourcentage d'argile est généralement compris entre 15 et 20 %. D'un point de vue minéralogique, les grains de quartz sont nettement prédominants, accompagnés de débris de feldspaths et de fines paillettes de muscovite. Dans la fraction argileuse, la kaolinite est généralement mieux représentée que l'illite, la vermiculite et la chlorite. Enfin, l'association de minéraux lourds est caractérisée par un stock épidote-amphibole (apport marin du fond du Golfe normanno-breton), plus abondant que les minéraux ubiquistes : zircon, tourmaline, rutile.

Formations de versant.

Les formations périglaciaires se sont mises en place principalement par solifluxion (gélifluxion) lors des périodes de dégel au cours des glaciations quaternaires. Elles sont très étendues et recouvrent quasiment tous les versants. Elles n'ont été figurées que dans les secteurs où elles présentent un développement remarquable.

On distingue :

- des formations très grossières à blocs (head), principalement localisées sous les crêtes de Grès armoricain ;
- des formations à petits géli fractas, emballés dans une matrice limoneuse ou sablo-limoneuse qui recouvrent les versants constitués de Briovérien métamorphique ou de wackes ;
- des formations limoneuses à passées de petits géli fractas, sur le Briovérien silteux ;
- des formations sableuses : les arènes remaniées, souvent litées, avec ou sans blocs de granite.

S. Head, blocs et blocaille, plus ou moins emballés dans un limon sableux et argileux ocre à rouge. Les dépôts de versant de type head sont très hétérométriques et caractérisés par la présence de blocs d'assez grande dimension, disposés de manière anarchique. Les plus caractéristiques et les plus étendus recouvrent le versant situé au Sud de la crête de Grès armoricain qui se suit de Mortain à la Fosse-Arthur. Son épaisseur n'est pas très importante (2 m en moyenne). De nombreux blocs de Grès armoricain ont plus d'un mètre de longueur. La matrice sablo-limoneuse, localement argileuse, a une teinte ocre

à rouge. La présence de blocs de même type, remaniés dans les alluvions anciennes (Fv) montre que les phénomènes de gélifraction et de gélifluxion ont été intenses dès le Pléistocène inférieur, mais ce sont les dernières périodes froides qui ont donné au head sa disposition actuelle.

Un head à blocs de dimensions plus modestes, dépassant rarement 0,30 m, recouvre fréquemment les versants des buttes de cornéennes, en particulier entre Mortain et Chasseguey.

Formation périglaciaire à blocs de leucogranite γ_a^{1-2} . Les versants des buttes de leucogranite γ_a^{1-2} sont tapissés par un head, à blocs de granite, quasi continu, débordant sur les formations briovériennes (cornéennes et schistes tachetés). Il est représenté par une surcharge de points.

De même le filon de quartz qui forme une butte (cote 342 m) au Nord de Vengeons a alimenté une formation de versant très riche en blocs de quartz, s'étendant vers l'Est jusqu'au hameau de la Goupillère et même au-delà.

Autres formations périglaciaires. Les talus situés dans les zones d'affleurement des formations briovériennes recoupent généralement des formations périglaciaires limoneuses à petits gélifractions. Ceux-ci sont très abondants, parfois subjointifs, sur les versants constitués de roches dures (cornéennes, wackes). Ils sont épars ou disposés en passées d'extension limitée quand le soubassement est constitué de siltites. La matrice, terreuse, marron à brun clair, est constituée par le remaniement des altérites et des loess, souvent intimement mêlés. Sur les siltites paléozoïques, les formations périglaciaires de versant sont peu différentes de celles qui recouvrent les formations briovériennes ; leur matrice est fréquemment plus argileuse.

Sur les versants des collines granitiques, on observe généralement deux types de formations périglaciaires, fréquemment superposées, de haut en bas :

- une arène limoneuse de teinte marron à brun clair, à blocs ou blocaille de granite, sur 0,50 à 3 mètres ;
- une arène litée parallèlement à la pente, à rares blocs de granite, sur 0,50 à 2 mètres.

Ces formations sont particulièrement bien développées dans le massif de Saint-Barthélemy.

C. Colluvions indifférenciées : limons sableux et petits débris lithiques. Les colluvions sont des dépôts de bas versant, de fonds de vallons ou de petites dépressions sur les versants et au dessus des haies dont les matériaux, généralement fins, ont été apportés par les eaux de ruissellement, avant la concentration de ces dernières en réseau fluvial organisé. Elles n'ont été individualisées qu'à la limite orientale de la carte, pour assurer les raccords avec la feuille de Flers. Ailleurs, elles ont été regroupées avec les alluvions Fz constituées par les mêmes matériaux. On en distingue deux principaux types :

- des colluvions limoneuses, issues principalement des loess, auxquelles se sont mêlés, en proportions variables, des matériaux limono-sableux, remaniés des altérites et quelques débris lithiques, généralement de petite taille ;
- des colluvions sableuses provenant essentiellement du remaniement d'arènes granitiques.

Les colluvions renferment parfois de gros blocs, en particulier en domaine granitique. Ce sont généralement des blocs résiduels qui ont été secondairement "ennoyés" par des colluvions. Les colluvions recouvrent fréquemment des formations périglaciaires de versant. Elles sont généralement récentes, d'âge holocène ; les défrichements aux époques protohistorique et historique ont largement contribué à leur développement.

TECTONIQUE

CHRONOLOGIE DES ÉVÈNEMENTS ET DES DÉFORMATIONS

L'orogénèse cadomienne. Définie par Bertrand (1921), l'orogénèse cadomienne (du nom latin de la Ville de Caen : Cadomus) est responsable de la déformation des sédiments briovériens, avant le dépôt des assises du Cambrien. L'intrusion des granitoïdes mancelliens, postérieure au plissement des sédiments, est généralement interprétée comme une manifestation tardive de cette orogénèse. Leur âge proche de la limite Protérozoïque-Paléozoïque place l'orogénèse cadomienne à la fin du Protérozoïque supérieur. Si la déformation est polyphasée dans la région à structuration maximale, selon un axe Granville - Saint-Lô, au Nord de l'accident de Granville (Dupret et Le Gall, 1984), elle est monophasée au Sud de cet accident, en particulier dans le territoire couvert par la feuille Mortain. Dans ce dernier domaine, la succession des événements cadomiens peut être ainsi résumée :

- phénomènes de distension contemporains de la sédimentation briovérienne (cf. volcanisme de caractère tholéiitique dans la région de Vassy, Dupret *et al.*, 1985) ;
- métamorphisme général anchizonal, atteignant localement la limite anchizone-épizone, plissement et développement d'une schistosité de fracture, avec localement ébauches d'une schistosité de flux ;
- intrusion des granitoïdes mancelliens, développant dans les sédiments briovériens à proximité une schistosité de flux et un métamorphisme de contact.

Epirogénèses et fracturation du Cambrien au Dévonien. Après la mise en place des granitoïdes cadomiens, la Mancellia constitua un môle résistant dans la plupart des événements tectoniques affectant le Massif armoricain. Sa tendance à l'épirogénie positive apparaît probablement dès le Cambrien (absence de Cambrien à l'exception du lambeau de la Riffaudais). Le premier épisode connu de fracturation du bâti mancellien est la mise en place des dykes de dolérites, en contre-coup des phénomènes de compression dus à la phase bretonne ou à ses prémisses, vers - 360 Ma, d'après les données radiochronologiques.

L'orogénèse hercynienne. Responsable du plissement des terrains ordoviciens et siluriens du synclinal de Mortain, l'orogénèse hercynienne assure à la Mancellia une *position continentale jusqu'à nos jours*. Dans la région, cette déformation se place entre le Viséen et le Westphalien si l'on extrapole les événements enregistrés par les dépôts carbonifères dans les bassins de Laval (Mayenne) et de Littry (Calvados). De grandes failles inverses N 110°E à N 130° E, telles que celles qui jalonnent l'accident Saint-Sauveur-de-Chaulieu - Saint-Jean-des-Bois, ont probablement pris naissance pendant cette période. Comme dans l'ensemble du Massif Armoricain, l'histoire hercynienne se termine par une tectonique cassante avec une fracturation submérienne et un rejeu, souvent en coulissage, des accidents N 110°E à N 130°E.

Tectonique posthercynienne : épirogénèse et fracturation ; néotectonique.

En l'absence de couverture sédimentaire post-hercynienne, nous n'avons aucun marqueur des déformations qui ont pu affecter le centre de la Mancellia au Secondaire et au Tertiaire. Des témoins de rivages sur les bordures de la Mancellia montrent que cette absence de dépôts est due à une paléographie continentale liée probablement à une tendance épirogenique positive quasi permanente. Une tectonique cassante a affecté l'ensemble du Massif armoricain au Tertiaire (Eocène, Oligocène, localement Miocène et Pliocène) avec formation de grabens de direction subméridienne. Elle a fréquemment fait re-jouer des accidents plus anciens en mouvement vertical, parfois en décrochement de faible amplitude.

Plus au Nord, dans le Cotentin, le bassin de Carentan et le Bessin. Pareyn (1980) a mis en évidence une importante activité néotectonique d'âge Pliocène et Quaternaire. Etant donné la fraîcheur des reliefs du Mortainais et en particulier des escarpements de failles, non décalés par érosion régressive par rapport aux accidents qui leur ont donné naissance, il est probable que la région a été affectée par des mouvements d'épirogénèse positive avec rejeu de failles à une époque très récente.

Aucun épicycle de tremblement de terre notable n'a été découvert sur le territoire couvert par la feuille Mortain par les recherches de sismicité historique et les sismographes instrumentaux (Vogt et Weber, 1980). Parmi les séismes de régions voisines ayant secoué le Mortainais, citons d'après Vogt *et al.* (1979) celui du 19 novembre 1927 (épicycle : 7 km environ au Sud-Est de Flers avec une intensité MSK = VI), celui du 1er avril 1853 (épicycle en mer entre Jersey et le Cotentin, intensité MSK VII à Coutances) et celui du 30 décembre 1775 (épicycle dans la région de Caen ; intensité MSK VII à Caen).

CARACTÉRISTIQUES ET GÉOMÉTRIE DES DÉFORMATIONS

La connaissance précise des déformations est faiblement étayée pour plusieurs raisons :

- les observations de charnières de plis et de failles sont exceptionnelles ;
- la schistosité régionale est rarement apparente ;
- les mesures de stratification sont concentrées dans les zones de cornéennes et très éparses ailleurs.

Les zones d'accidents ont été principalement déterminées par des alignements de mylonites ou des évidences cartographiques (limites de formations décalées ; contours rectilignes sécants sur les structures). Les photofractures non confirmées par des arguments de terrain n'ont pas été représentées.

Structures plissées des assises du Briovérien (orogénèse cadomienne). Les observations effectuées sur la feuille concordent avec celles qui ont été faites sur les cartes voisines (Avranches, Vire, Flers) et sur les parties rocheuses côtières de la baie du Mont-Saint-Michel. Les assises du Briovérien sont fortement déformées en plis synschisteux serrés d'ordre décimétrique à hectométrique. A flancs très redressés, fréquemment subverticaux, les plis peuvent être légèrement déversés vers le Nord-Ouest et le Sud-Est. La mise en place des granodiorites qui ont développé une schistosité locale dans l'auréole de métamorphisme a probablement contribué à ce déversement. D'orientation

N 60°E à N 80°E, les axes de plis présentent fréquemment un plongement vers l'Est (Chantraine *et al.*, 1982 ; Dupret, 1983). La schistosité est essentiellement une schistosité de fracture, des ébauches de schistosité de flux s'observant en plaque mince dans certains faciès silteux. Diagnostiqué sur des cristallinités d'illite, le métamorphisme général est proche de la limite anchizone-épizone (Chantraine *et al.*, 1982 ; Dupret, 1983). Les charnières de plis n'étant généralement pas visibles, les couches ont souvent à l'affleurement un aspect monoclin. Seuls quelques plis décamétriques ont pu être observés (Carrière des Ronds Noës à Tinchebray ; tranchée de la D 47 au sud de Meslier, entre Barenton et Saint-Jean-du-Corail). La figure 1 représente les pôles des plans de stratification observés, en projection stéréographique et permet de définir la direction moyenne des couches : N 75°E.

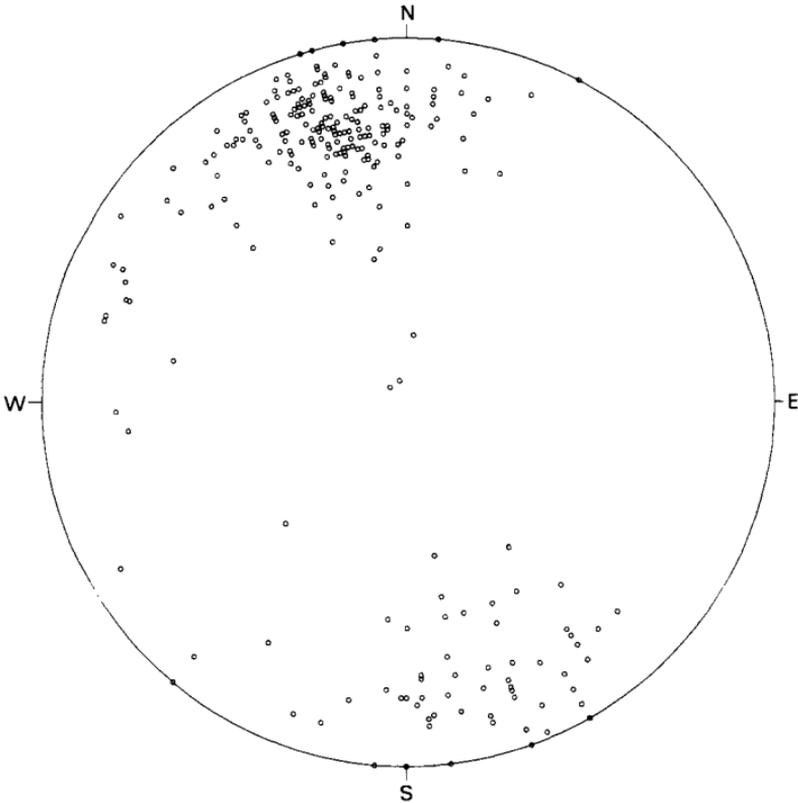


Fig.1 - Pôles des plans de stratification des assises du Briovérien
en projection stéréographique (Canevas de Schmidt, hémisphère inférieur)

Tectonique cassante affectant le socle antépaléozoïque. Les assises du Briovérien et les granitoïdes mancelliens sont fracturés selon des failles de directions variées que l'on peut classer, de manière schématique, en 3 familles :

- failles subméridiennes ;
- failles NW-SE (N 110°E à N 140°E), généralement d'assez grande extension ;
- failles SW-NE.

Les accidents de direction E-W sont peu représentés.

Les failles subméridiennes ($N \pm 45^\circ E$) peuvent être :

- tardicadomiennes et avoir favorisé la venue de jus leucogranitiques, aplitiques ou pegmatitiques ;
- subcontemporaines de la mise en place des dolérites et cachetées par ces roches ;
- communes au socle cadomien et au synclinal paléozoïque de Mortain avec recoupement des structures plissées hercyniennes.

Leur âge peut être donc variable, sans exclure des rejeux à plusieurs périodes, voire à une époque récente (Tertiaire).

Dans la carrière Châtel à Saint-Michel-de-Montjoie, quatre accidents de direction $N 160^\circ E$ à $N 165^\circ E$ révèlent des jeux décrochants différents :

	Sens du mouvement décrochant	Inclinaison des stries
Accident A	Senestre	20 à 25° vers le Nord
Accident B	Dextre	10° vers le Sud
Accident C	Senestre	10° à 15° vers le Sud
Accident D	Dextre	25° vers le Nord

Les masses séparées par ces fractures n'ont donc pas bougé selon des directions parallèles.

La représentation des pôles des plans de diaclases en projection stéréographique (fig. 2) montre bien la fréquence du diaclasage subvertical. Les mesures proviennent principalement des environs de Saint-Michel de Montjoie. Dans la carrière Chatel, selon l'exploitant, la maille de diaclasage-fracturation subméridienne correspondant à la "Rogne" ou "Contrefil" serait voisine de 5 mètres. Le diaclasage E-W, principalement subvertical ("fil" ou "feuille") est lui aussi bien représenté avec un espacement de 1 à 10 m entre les diaclases. La fréquence et l'extension des plans de rupture horizontaux (la "pose" ou "Hubert") paraissent limitées.

Dans les assises du Briovérien, les diaclases subverticales, selon les directions subméridiennes apparaissent nettement prédominantes (fig.3).

Parmi les directions NW-SE, deux accidents importants retiennent l'attention :

- la faille de Saint-Barthélemy ;
- le grand accident Saint-Sauveur de Chaulieu - Saint-Jean-des-Bois.

On peut se demander si le massif de granodiorite de Saint-Barthélemy n'est pas le prolongement de celui d'Avranches, décalé par la faille de Saint-Barthélemy, qui serait alors un accident décrochant senestre antérieur au dépôt des formations paléozoïques du synclinal de Mortain. Il paraît cependant curieux que la bordure méridionale du massif de Vire ne soit pas affectée par un tel accident. La faille de Saint-Barthélemy peut se prolonger vers le Sud-Est sous le synclinal de Mortain, mais peut également se poursuivre, après virgation, sous la cluse de Mortain et rejoindre l'hypothétique accident de la Vallée de la

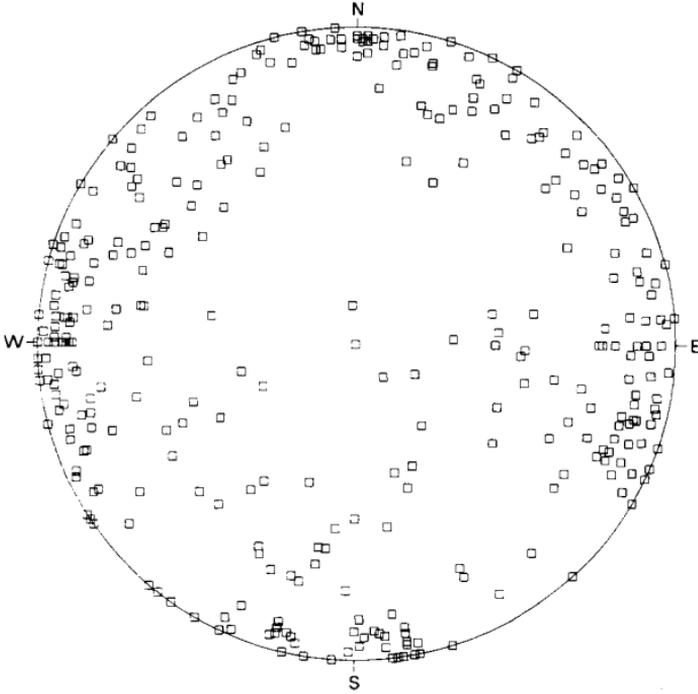


Fig. 2 - Pôles des plans de diaclases des granites mancelliens en projection stéréographique (Canevas de Schmidt, hémisphère inférieur)

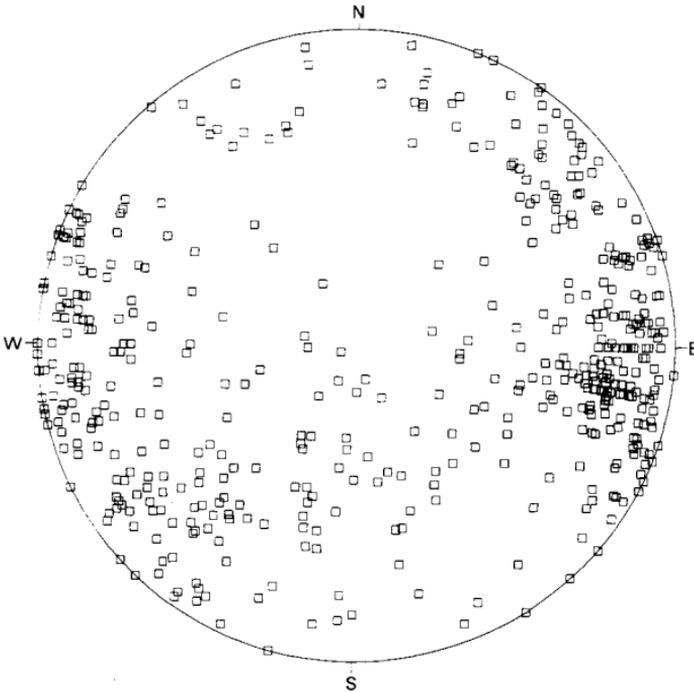


Fig.3 - Pôles des plans de diaclases recoupant les assises du Briovérien en projection stéréographique (Canevas de Schmidt, hémisphère inférieur)

Cance séparant les ensembles bA et bS du Briovérien. En outre, l'apophyse nord-ouest du massif de Saint-Barthélemy paraît avoir eu un jeu en horst.

Parallèle à la faille de Saint-Barthélemy, l'accident qui sépare les buttes de leucogranite du Chênot et du château de Lingéard, apparaît nettement chevauchant au carrefour des routes D 33 et D 173 (fig.4).

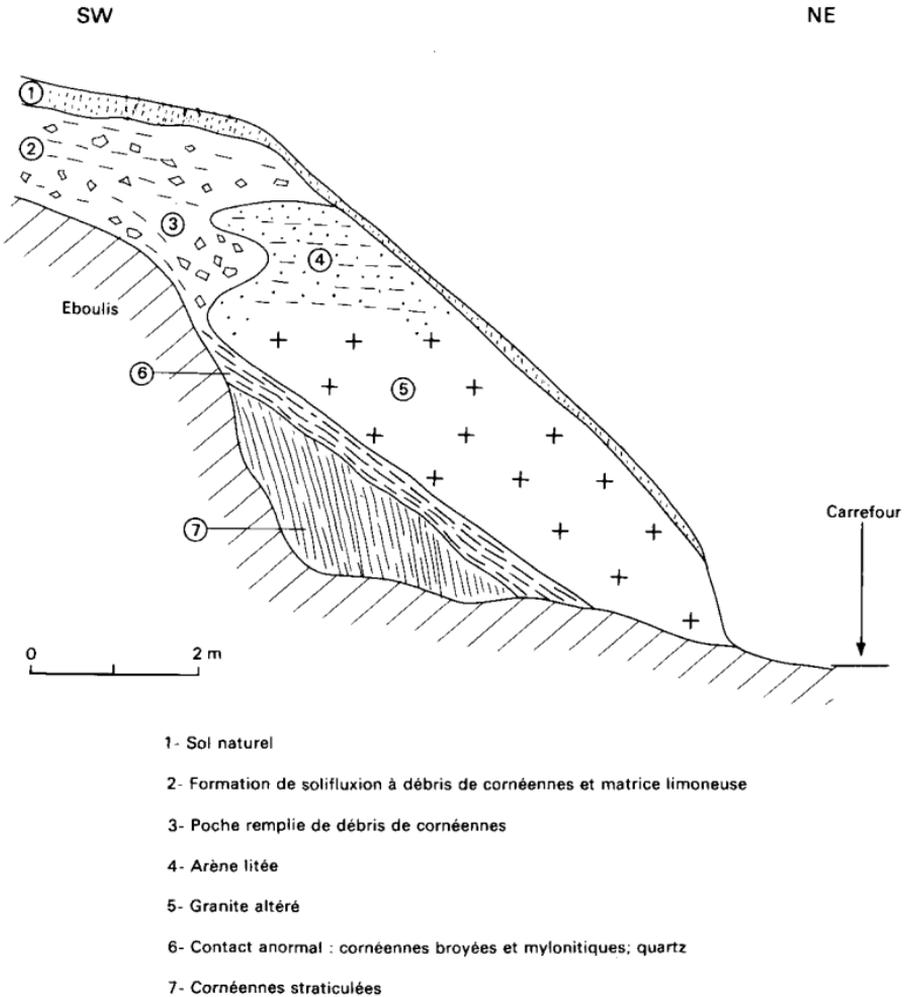


Fig.4 - Contact anormal chevauchant entre un lambeau de granite et des cornéennes du Briovérien (Dessin J. Fourniguet, d'après nature : Lingéard Manche, carrefour D 33 - D 173)

L'étroitesse de l'auréole de cornéennes du massif de Saint-Barthélemy au Sud de Sourdeval apparaît anormale. Il est possible qu'elle soit cisailée par une faille inverse, mais aucun indice d'accident n'a été observé de part et d'autre de la bande de cornéennes. Les mauvaises conditions d'affleurement ne permettent cependant pas de rejeter complètement cette hypothèse.

L'accident Saint-Sauveur-de-Chaulieu - Saint-Jean-des-Bois, limitant au Nord les petits massifs de granodiorite de Chaulieu et d'Yvrandes, est fréquemment jalonné par des mylonites. Comme il prolonge vers l'Ouest l'accident qui limite au Nord les synclinaux paléozoïques de Saint-Clair-de-Halouze et de la Ferrière-aux-Etangs (feuille à 1/50 000 Flers), on peut le rapporter à la tectonique hercynienne. Il est possible qu'il ait un jeu chevauchant à vergence sud, au Sud-Est de Saint-Christophe-de-Chaulieu (sondages 3-10 et 3-11). Cette disposition est en accord avec les observations faites au Nord du synclinal de la Ferrière-aux-Etangs (Enouf, 1981 ; Beurrier *et al*, 1982). Vers le Nord-Ouest, l'accident Saint-Sauveur-de-Chaulieu - Saint-Jean-des-Bois pénètre dans le massif de Vire où il détermine un fort relief à regard nord. La fraîcheur de cet escarpement de faille et sa position à l'aplomb de l'accident trahit un jeu vertical récent (fin Tertiaire à Eoquaternaire ?)

Déformation des sédiments ordoviciens et siluriens (orogénèse hercynienne).

A l'Est de Mortain, les terrains ordoviciens et siluriens sont conservés dans une vaste structure synclinale. En coupe (fig. 5 et 6), celle-ci apparaît comme un synclinorium à replis anticlinaux et synclinaux kilométriques, à grand rayon de courbure. La bordure nord de celui-ci est recoupée par une faille inverse à vergence sud de direction est-ouest, dont le jeu a provoqué un écaillage de faible amplitude. Sur le bord sud, le contact est normal, mais discordant sur les assises plissées du Briovérien. Enfin, le synclinorium est plus ou moins découpé par des failles de directions variées sécantes sur les plis.

Dans le détail, on observe des variations notables de structure d'Est en Ouest :

— à l'Est d'une ligne Saint-Georges-du-Rouelley - Ger, les replis anticlinaux et synclinaux sont assez réguliers, de forme "cylindrique", résultat d'une compression de direction subméridienne ;

— dans la partie centrale de la structure, entre Barenton, Ger et Saint-Clément du Rancoudray, les plis présentent une direction axiale N 55°E, clairement exprimée sur la bordure méridionale du synclinorium. Cette direction secondaire apparaît plus liée à une modification des contraintes induite par l'hétérogénéité du socle cadomien dans ce secteur (influence de la faille de Saint-Barthélemy ?) qu'à une phase de déformation postérieure ;

— à l'Ouest, le secteur de la cluse de Mortain est très fracturé. Ces failles d'orientation subméridienne sont en relation avec une zone de faiblesse du socle à l'extrémité orientale de la granodiorite d'Avranches. Les petits panneaux de granodiorite ont pu jouer en horst (*cf.* de Lapparent, 1877).

Le plissement des assises cambro-ordoviciennes a développé dans celles-ci une schistosité très fruste de type fracture, d'orientation générale N 90°E à N 110°E (*cf.* Dupret et Le Gall, 1984).

OCCUPATION DU SOL

SOLS ET VÉGÉTATION

Ces quelques notes, non fondées sur des études approfondies de pédologie et de phytogéographie, n'ont qu'une valeur indicative : elles présentent quelques généralités montrant le lien entre le substratum géologique et les principales caractéristiques des sols et de la végétation. Pour plus de détail, il conviendra de consulter les spécialistes de ces disciplines (voir aussi la carte pédologique de la France au millionième publiée par l'Institut national de la recherche agronomique) et la carte de la végétation de la France à 1/200 000 (CNRS).

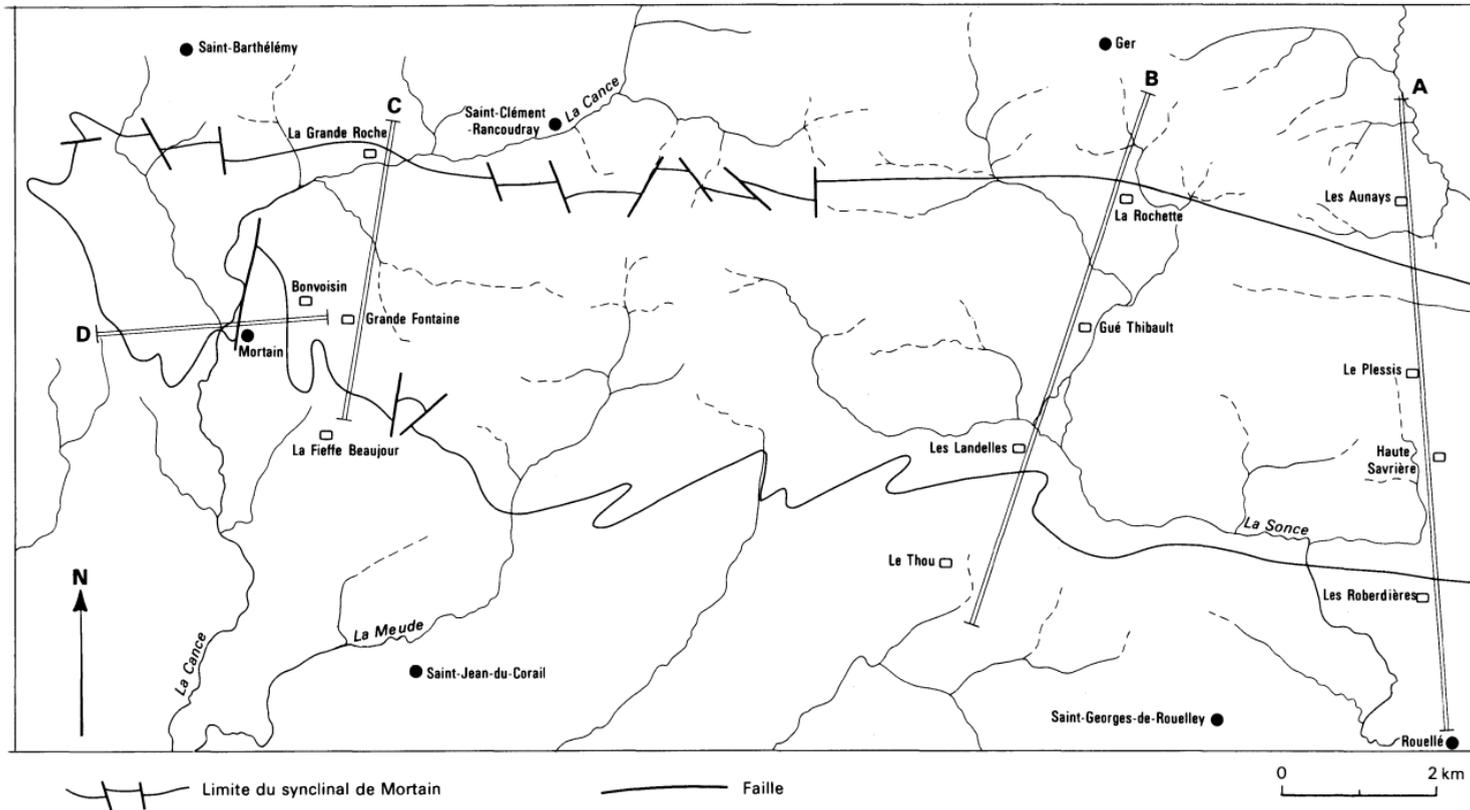


Fig.5 - Situation des coupes dans le synclinal de Mortain

Quelle que soit la nature du substrat, les sols sont généralement plus évolués dans les zones hautes et planes ; moins évolués et plus caillouteux sur les versants (sols bruns, sols peu évolués d'apport colluvial) et hydromorphes en fonds de vallons (faciès à pseudogley, à gley, à stagnogley et même tendance tourbeuse dans les cuvettes mal drainées).

Massifs granitiques

Dans les massifs granitiques la texture des sols est principalement sableuse (arènes granitiques) avec boules de granite fréquentes dans les zones accidentées et forte charge caillouteuse et blocs sur les versants.

Sur les arènes de granodiorites, souvent enrichies en limons dans leur partie superficielle, se sont généralement formés des sols bruns acides et des sols bruns lessivés qui peuvent convenir aux cultures (principalement maïs). Assez légères et bien filtrantes sur les buttes et les versants, ces terres sont réputées "chaudes". La végétation naturelle de ces sols sous nos climats est la chênaie mixte (chêne pédonculée et chêne sessile) ou la chênaie-hêtraie acidiphile à sous-bois souvent riches en ronces, fougères (*Pteridium aquilinum*, très fréquents, *Dryopteris filis-mas* et *Blechnum spicant*, en site plus hygrophile), *Teucrium scorodonia*, *Oxalis acetosella* et buissons de houx et chèvrefeuille. Sur les versants exposés au Nord, le sapin (*Abies Alba*) planté est généralement associé au hêtre. Au contraire, sur les versants sud et les zones de forêt dégradée, les bouleaux sont fréquents.

Cette végétation n'est conservée qu'à l'état de relique dans des parcelles souvent trop riches en blocs de granite pour une utilisation agricole. Sur les buttes boisées, en particulier dans le bois de Montjoie, les sols peuvent être localement plus évolués (sols lessivés et sols ocres podzoliques) ; plus clair, le sous-bois contient des peuplements de myrtille (*Vaccinium myrtillus*) en situation fraîche et de Callune (*Calluna vulgaris*) dans les zones sèches. La canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*) est presque toujours présente. De rares clairières ou des zones rocheuses au milieu des prairies sont occupées par des pelouses et landes sèches à *Erica cinerea*.

Les sols ocres podzoliques sont largement représentés sur les buttes de leucogranite γ_a^{1-2} dont le couvert végétal se distingue par l'abondance du châtaignier, introduit par l'homme dans la région.

Sols sur formations briovériennes

Par altération, les formations briovériennes donnent des limons finement sableux avec une teneur en argile notable. Les bancs qui les constituent étant généralement peu épais et subverticaux, le sol a une texture intermédiaire entre la granulométrie d'un grès et celle d'une siltite.

En surface, le sol est souvent enrichi en fraction silteuse par un mélange avec des limons résiduels, d'origine loessique. Sur ces matériaux, se sont généralement développés des sols bruns lessivés et des sols bruns acides dans les zones les plus sableuses et les plus hautes. La couverture forestière initiale n'a été conservée que sur quelques buttes de cornéennes où les sols sont souvent plus évolués et rubéfiés. Sa composition est peu différente de celle des bois sur granodiorite.

Souvent peu perméables et rapidement engorgés en position topographique subhorizontale, les sols sur formations briovériennes sont réputés "frais" par opposition aux sols sur arène granitique. Ils conviennent bien aux prairies mais grâce aux travaux de drainage les moins argileux d'entre eux sont fréquemment cultivés en blé et maïs.

Sols sur schistes paléozoïques

Sur les schistes et ampélites paléozoïques du synclinal de Mortain, les sols, principalement des sols lessivés hydromorphes, sont beaucoup plus argileux que sur les siltites du Briovérien. Localement, des oxydes de fer et de manganèse, accumulés à la base du profil, peuvent former un conglomérat plus ou moins dur (Bétain). Ils sont généralement occupés par des prairies hygrophiles à *Juncus acutiflorus*, *Molinia coerulea*, *Agrostis canina* et diverses espèces de *Carex* ou des marais plus ou moins tourbeux, voire de vraies tourbières.

Sols sur grès paléozoïques

Les sols sur les grès paléozoïques, en particulier les sols sur le Grès armoricain, sont parmi les plus pauvres de la région : rankers dans les zones rocheuses, sols bruns acides, généralement plus évolués et moins profonds que sur granite, sols ocres podzoliques et localement podzols, en particulier sur les zones hautes. Sur les versants, abondent les blocs, parfois de grandes dimensions. Ces sols sont encore largement couverts par des bois, en particulier par la forêt de la Lande Pourrie, et localement par les landes. Parmi celles-ci, citons deux sites remarquables pour leur intérêt écologique, floristique, faunistique et géologique : la *lande du Tertre - Bizet*, en rive gauche du ruisseau du Tertre, 5 km au SE de Ger et la *Fosse-Arthur*, au Nord de Saint-Georges-de-Rouellé. La végétation est celle des sols acides sous climat atlantique : la chênaie sessiliflore ou la chênaie-hêtraie acidiphile, souvent clairsemées et dégradées avec bouleaux et châtaigniers. Selon la fraîcheur du sol et l'exposition, le sous-bois est riche en fougères, myrtille ou callune. Dans les zones les plus rocheuses et les plus ingrates, la forêt s'éclaircit et des landes occupent les clairières. Landes sèches à *Erica cinerea* et *Ulex europaeus* sur les hauteurs bien drainées ; landes humides à *Erica tetralix*, *E. ciliaris* RR, *Ulex minor*, *Calluna vulgaris* et *Molinia coerulea*, en bas de versant, fond de vallon ou surface mal drainée. Dans la lande, des espèces à caractère silvatique persistent fréquemment (Corillion, 1957) : *Anemone nemorosa*, *Teucrium scorodonia*, *Euphorbia amygdaloïdes*, *Vaccinium myrtillus*, *Hypericum pulchrum* et *Solidago virgaurea*. Encore plus répandue, la Canche flexueuse est généralement accompagnée par *Sieglingia decumbens* et *Nardus stricta* RR. (Corillion, 1971). Les blocs rocheux sont de plus recouverts d'une très riche flore de muscinées et de lichens, avec de nombreuses espèces rares ou très rares d'origine atlantique ou montagnarde.

Sols sur loess

Homogènes et faciles à travailler, les sols sur loess sont essentiellement des sols bruns et des sols bruns faiblement lessivés, propices à la culture des céréales.

OCCUPATION HUMAINE : LE BOCAGE

A l'exception des bois sur grès paléozoïques et des reliques forestières sur granites et cornéennes où la végétation naturelle n'a été que partiellement dominée par la sylviculture, le paysage du Mortainais et des régions avoisinantes a été entièrement façonné par l'homme. Du Moyen-Age jusqu'à l'époque contemporaine, ce dernier a patiemment entouré chaque parcelle de haies jalonnées par des alignements de chênes pédonculés, bien développés ou têtards, de hêtres (granodiorite de Vire, d'Avranches et synclinal de Mortain) ou encore de châtaigniers dans les zones à sol très acide (grès paléozoïques). C'est le bocage, en harmonie avec un habitat dispersé. Depuis 1950, le paysage s'ouvre peu à peu dans les terrains les moins accidentés à la suite des remembrements, du drainage, du développement de la culture du maïs et de la multiplication des engins de terrassement. Malheureusement cette ouverture favorise fréquemment l'érosion des sols et, sur les versants, des études de stabilité et d'aptitude à l'érosion des sols et des formations géologiques superficielles devraient être systématiquement entreprises avant de tels travaux.

ARCHÉOLOGIE PRÉHISTORIQUE ET HISTORIQUE

Le territoire couvert par la carte de Mortain est d'une faible richesse en vestiges préhistoriques. L'extension des prairies dans cette région et le petit nombre des recherches archéologiques qui y ont été menées, doivent expliquer cette relative pauvreté autant qu'une moindre densité de l'occupation préhistorique des lieux.

Le Paléolithique n'est pas attesté dans le secteur. Les plus anciennes traces recensées se rattachent au Néolithique. Encore ne s'agit-il que d'éléments isolés, et non pas de gisements structurés. Pour l'Age du Bronze, on connaît plusieurs dépôts (Bellefontaine, Forêt de Mortain et Saint-Pois).

A l'occasion des levés géologiques, quelques informations archéologiques complémentaires ont pu être glanées par les auteurs.

Pour les périodes préhistoriques, le seul mégalithe connu est le dolmen de la Roche (commune de Bion) ; le Néolithique est attesté à Lingéard (hache polie en pierre verte), à Ger, au hameau de Chère Fontaine (plusieurs haches polies). Signalons pour mémoire un polissoir à Saint-Cyr-de-Bailleul, commune limitrophe à la carte. Une étude pétrographique de ces objets lithiques serait intéressante à comparer avec celles des nombreux filons doléritiques de la région.

Les périodes protohistoriques sont attestées par une hache de bronze à Rouellé, des dépôts divers à Chasseguey et à Bourberouge (commune de Saint-Jean-du-Corail).

La période gallo-romaine n'a pas laissé de traces tangibles sur l'étendue de la feuille Mortain, en dehors de certains chemins passant pour des voies romaines secondaires (chemin "Montois", de Sées à Avranches par Ger).

Par contre, la période médiévale a laissé de nombreuses traces (enceinte de La Soudairie à Perriers-en-Beauficel, château de la Motte à Ger, ateliers de potiers à Ger).

Au sujet des potiers de Ger, il n'est pas sans intérêt de noter que cette industrie est attestée depuis la guerre de cent ans et qu'elle ne s'est éteinte qu'en 1926. Des fours en ruines subsistent au Placitre, à la Basse Louverie, ainsi que de nombreux vestiges de dépotoirs céramiques (8 sites recensés sur Ger, 1 à l'Étre Jobard, accompagné de scories, à Lonlay-l'Abbaye). Dans tous les cas, la céramique observée est du type grès cérame, typologiquement de facture médiévale à récente. Les sources d'approvisionnement se situaient à la Goulande (Saint-Gilles-des-Marais, feuille Domfront) où l'on exploitait une argile du Tertiaire. L'argile à brique était trouvée à Ger même : d'après certains auteurs, au moulin des Fanières (ampélites siluriennes), ou au lieu-dit Lardilly (colluvions argileuses ou Briovérien altéré).

L'exploitation du fer, quant à elle, semble avoir une origine au moins celtique, comme l'attesterait la toponymie ; cependant ce n'est qu'au début du XIXe siècle que se concentrent les deux plus importantes exploitations de la région : Halouze et Bourberouge.

DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Ces notes ont pour objet d'attirer l'attention des utilisateurs sur quelques particularités des principales formations géologiques représentées. Non exhaustives et non fondées pour la plupart sur des études spécialisées, elles ne doivent être utilisées qu'à titre indicatif. Étant donné la dispersion plus ou moins grande des affleurements qui ont permis de l'établir, la carte, à l'échelle du 1/50 000, ne peut fournir toutes les données géologiques précises de façon ponctuelle. À l'échelle du chantier, elle donne un canevas, avec un inventaire aussi exhaustif que possible des différentes formations géologiques qui doit être précisé par des sondages avant tous travaux importants. Elle permet, en particulier, une meilleure implantation et une meilleure interprétation des forages de reconnaissance. Les conditions locales doivent être étudiées avec soin surtout pour les terrassements importants (pendage des couches, fracturation, régime des venues d'eau, degré d'altération des terrains, conditions d'équilibre des formations superficielles, etc.).

Dans les terrains briovériens, la plupart des terrassements peu profonds peuvent être effectués avec des pelles mécaniques de puissance moyenne, les bancs, très inclinés à subverticaux, étant généralement peu épais et souvent fragmentés à la surface du sol. Des bancs massifs peuvent cependant se présenter localement (*wackes* ou cornéennes massives) et nécessiter l'usage de puissants engins de déroctage et même d'explosifs. L'épaisseur de la zone d'altération superficielle qui est souvent hétérogène, pourra varier de plusieurs mètres (1 à 3 m) dans le périmètre d'un chantier de dimensions modestes. En dessous, la roche est généralement fragmentée sur une profondeur variable. Des problèmes d'hydromorphie peuvent se poser en topographie subhorizontale, tandis que sur les versants, des études de stabilité des terrains sont souvent nécessaires. Les formations d'altération des assises du Briovérien et les formations de solifluxion qui en dérivent ont de mauvaises caractéristiques de portance et de tenue en conditions hydromorphes.

Dans les massifs granitiques, les travaux de terrassement rencontrent des sables (arènes granitiques), du granite pourri ("pierre de sable"), des masses rocheuses ou fréquemment les trois matériaux irrégulièrement disposés. Les arènes peuvent renfermer des boules de granite d'un volume de plusieurs mètres cubes et la limite entre le granite et l'arène peut être verticale. Il est

donc recommandé de sonder l'arène, selon une maille serrée, avant d'asseoir une construction, pour éviter les poinçonnements et les tassements différentiels. L'arène peut être assez argileuse et elle présente de mauvaises caractéristiques de portance et de tenue en conditions hydromorphes. Le granite non altéré nécessite généralement l'emploi d'explosifs.

Sur les filons de dolérite, les terrassements entaillent une formation d'altération très argileuse avec des masses rocheuses en boules. Des drains adaptés aux écoulements d'eaux ferrugineuses peuvent être nécessaires.

Les schistes et les ampélites du Paléozoïque s'altèrent rapidement à l'air ; ils donnent des produits très argileux. Sur ces terrains, l'hydromorphie est très fréquente en situation topographique subhorizontale et les risques de glissements sont importants si la pente est assez forte.

Sur les grès paléozoïques, en particulier sur le Grès armoricain, des masses rocheuses apparaissent souvent à faible profondeur sous les maigres sols. Sur les versants des crêtes gréseuses, les blocs sont très abondants et débordent généralement de plusieurs centaines de mètres, la zone d'affleurement des grès.

Les loess sont facilement érodés et peuvent être largement "minés" par les animaux fouisseurs. En surface, ils sont sensibles au gel. Leur résistance est faible et ils sont sujets à des tassements importants. Leurs propriétés mécaniques varient largement en fonction de leur teneur en eau. Quand ils sont hydromorphes leurs caractéristiques deviennent franchement médiocres et ils n'ont plus aucune tenue.

Les alluvions anciennes de la Cance sont riches en petits blocs ; elles sont peu épaisses et largement remaniées par solifluxion ; leur matrice peut être argileuse.

Quelle que soit la nature du substrat, les bas de versant et les fonds de vallons sont presque toujours hydromorphes. Une nappe d'eau superficielle peu profonde ou subaffleurante en période humide tend à favoriser l'installation d'une végétation hygrophile (joncs, molinie, laiches, reine-des-prés) sur des formations superficielles meubles sablo-limoneuses (colluvions) présentant de mauvaises caractéristiques de portance et de tenue. En domaine granitique, les passées tourbeuses sont fréquentes, mais généralement peu épaisses.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Le climat qui règne sur le territoire défini par la feuille topographique à 1/50.000 Mortain est très humide, puisque les hauteurs moyennes de pluies annuelles atteignent 1.160 mm à Ger (période 1951-1981) et 1.340 mm à Vengeons (période 1951-1962). L'automne et l'hiver sont les saisons les plus humides, décembre et janvier sont les mois les plus arrosés, alors que la période sèche couvre le printemps et l'été. La température ne subit pas de gros écarts du fait des influences maritimes et atteint en moyenne 10°C. L'évaluation de la hauteur de pluie efficace est comprise entre 300 et 400 mm. Une bonne partie alimente soit directement les ruisseaux soit les écoulements souterrains.

Le chevelu des cours d'eau est dense, caractérisant ainsi un ruissellement des eaux de pluies important. Ce réseau hydrographique se disperse sur quatre bassins versants de grandes rivières, au centre de la feuille : la Sée, au Nord la Vire, au Sud : la Sélune, au Nord-Est : l'Orne, au Sud-Est : la Mayenne. Les jaugeages effectués par le SRAE sur les rivières de la Sélune et de la Sée montrent que le débit de ces cours d'eau varie dans un rapport de 1 à 10 au moins, dénotant ainsi l'importance des phénomènes de ruissellement.

Les terrains susceptibles d'être aquifères appartiennent au type milieu fissuré ; il s'agit des grès ordoviciens-siluriens, des formations briovériennes métamorphisées ou non, des granites surmontés de leur arène de décomposition. L'eau souterraine ne circule que par les fissures qui affectent la roche et l'alimentation de ces réseaux par les pluies ne se produit que si les fissures apparaissent à la surface du sol. La possibilité de prélèvement d'eau souterraine est liée à la présence de fissures non colmatées par des sédiments argileux.

La carte géologique montre que l'aquifère ordovicien s'étend à l'Est de Mortain, alors que le reste de la feuille est occupé soit par le granite entouré d'une auréole de schistes métamorphiques, soit de siltites ou d'arénites d'origine détritique, d'âge briovérien.

La capacité globale de ces divers aquifères a été testée par des jaugeages du débit des rivières en étiage et hors période pluvieuse. On en retient les principaux traits suivants :

— *Ordovicien*. Aquifère médiocre de capacité de production très variable dans l'espace et dans le temps : 3 à 10 l/s/km². ces chiffres correspondent à des valeurs comprises entre 20 et 50% de la "pluie efficace" définie plus haut.

— *Terrains granitiques*. Aquifère pouvant être productif sous réserve d'être constitué de 2 couches : la première à la base étant une zone de granite fissuré (non colmaté), la seconde formée d'arène ; le réservoir répond ainsi à la double nécessité d'emmagasiner de l'eau et de la transmettre. Des campagnes de sondages et de forages ont montré que l'on peut obtenir des débits de production de l'ordre de 20 à 30 m³/h (pour des transmissivités de l'ordre de 1×10^{-3} m²/s). Les ressources en eau souterraine sont néanmoins limitées, les capacités en production variant entre 2 et 10 l/s/km².

— *Auréoles métamorphiques*. Les études d'évaluation des ressources hydrauliques faites en 1980 et 1981 par le BRGM ont montré qu'au niveau des contacts de ces auréoles et des schistes briovériens, il pouvait y avoir des phénomènes de fissuration préférentielle, soit absorbant de l'eau, soit au contraire restituant à la surface une eau souterraine. Ainsi le débit de la Guenche à La Bazoge s'est accru en septembre 1982 de 25 l/s pour un excédent de surface du bassin versant de 2,4 km² ; celui de la Douenne à Parigny a augmenté de 23 l/s en septembre 1980 et de 41 l/s en 1982 pour un accroissement de surface du bassin versant de 5 km².

Les eaux sont en général plutôt acides (pH variant de 5 à 6), peu minéralisées (conductivité variant de 90 à 150 µS). Il est possible de rencontrer des teneurs en fer et en manganèse pouvant être gênantes comme l'a montré l'analyse du forage de recherche d'eau du Haut Hamel (schistes du Briovérien).

Les ouvrages de captage d'eau potable sont surtout des captages de source, constitués soit par des "puits" coiffant les émergences, soit des drains

débouchant dans une bache de réception. Bon nombre de ces ouvrages produisent un débit ne dépassant pas 2 l/s. Les prélèvements en eau souterraine sont faibles et ne dépassent pas 600 000 m³ par an.

MATÉRIAUX ET CARRIÈRES

Matériaux de construction et pierre ornementale.

Granite. Au Nord-Ouest de la feuille, sur le ban de Saint-Michel-de-Montjoie et les communes avoisinantes, une dizaine de carrières sont encore en activité. L'une d'entre elle a une dimension industrielle. Les utilisations en pierre de bordure, pavés et bornes de remembrement, prédominent sur la pierre ornementale. Pierre des bordures des trottoirs parisiens et du tombeau du soldat inconnu, le granite de Vire (γ^4_c) fait partie intégrante du "paysage" de la capitale. Cette industrie s'est concentrée dans le secteur de Saint-Michel-de-Montjoie, en raison de la fraîcheur de la roche à proximité de la surface ("granite bleu") et de la faible abondance des poches d'arènes.

Les leucogranites γ_a^{1-2} ont été utilisés en moellon (carrière de Mont Buon, fermée récemment).

Cornéennes. Jadis, les cornéennes les plus dures, en particulier celles qui sont disposées en bancs décimétriques, ont été largement utilisées pour les constructions rurales. Cette utilisation est limitée aujourd'hui à la récupération d'anciens matériaux pour les restaurations.

Grès. Dans le Synclinal de Mortain, le Grès armoricain a été localement utilisé comme moellon.

Sable. Les arènes granitiques ont été jadis largement utilisées comme sable de maçonnerie. Réouverte en 1986, la carrière de la Herte, sur le flanc oriental de la butte du Chénot, au Nord-Est du Mesnil Gilbert, fournit un sable apprécié dans la restauration des monuments historiques avec deux types de matériaux :

- un sable de maçonnerie courante ;
- un sable d'enduit, plus maigre, obtenu par concassage des blocs restant sur le crible.

Matériaux de viabilité

Grès armoricain. Matériau très dur, apte à faire la couche de revêtement des routes, le Grès armoricain est exploité à une échelle industrielle, pour concassé et granulats au Nord de Saint-Georges-de-Rouelley (le Gué Sefray) et au Nord de Barenton (la Roche au Chat).

Cornéennes dures. Matériau moins tenace et plus hétérogène que le Grès armoricain, les cornéennes, lorsqu'elles sont saines, sont appréciées pour le ballast et les couches de fondation des routes. Elles sont exploitées de manière épisodique dans de petites carrières, parfois ouverte uniquement pour la durée d'un chantier. Quelques carrières présentent cependant une activité régulière, à Tinchebray, les Rondes Noës, dans une extraction de dimension industrielle et à Brouains, dans les gorges de la Sée.

Cornéennes "tout venant" et schistes tachetés. Les agriculteurs apprécient les cornéennes décompressées en surface ou naturellement fragmentées dans des zones de fractures ou encore les schistes tachetés assez durs, pour empier-rer les cours de fermes. Une pelle mécanique de faible puissance suffit pour les extraire. La dureté modérée de ces roches assure confort et santé aux sabots des bovins. Leur extraction se fait souvent dans de menues carrières individuelles.

Galets et graviers. Seules les alluvions anciennes de la Cance, en aval de Mortain, donnent des gisements notables de galets et graviers. Riches en blocs, en matrice fine et d'épaisseur modeste, ces matériaux ne sont guère exploités mais peuvent être récupérés à l'occasion de terrassements profonds.

Sable. Les arènes granitiques, lorsqu'elles sont peu argileuses, sont utilisées localement pour recouvrir les cours des fermettes et propriétés rurales.

Matériaux pour l'industrie

Quartz. Trois filons de dimensions notables ont été cartographiés : entre Saint-Michel-de-Montjoie et Gathemo, au Nord de Vengeons et au Sud-Ouest de Mortain. Les deux premiers ont été l'objet d'une petite exploitation, aujourd'hui abandonnée.

Dolérites. Jadis, les produits d'altération des dolérites ont localement été utilisés pour l'amendement des terres. Dans d'autres régions, les dolérites sont exploitées pour les bains de fabrication de la laine de roche.

Matériaux divers.

Argile. Les faciès les plus fins des formations briovériennes et paléozoïques ont localement donné par altération des matériaux très argileux. Les gisements sont généralement irréguliers et d'extension limitée. Dans le cadre des activités artisanales et de conservation du patrimoine du Parc régional Normandie-Maine, les petits gisements qui seraient découverts lors de travaux de tranchées ou de terrassements méritent d'être signalés.

Un petit gisement de schistes violacés, fortement altérés et les limons qui les surmontaient, seraient à l'origine de la poterie artisanale de Ger. Il se situait dans une cuvette au Sud des Brûlins, à l'Ouest de la route de Ger à Barenton.

Les couvertures en tuiles de pays et les nombreuses constructions en torchis et colombages des communes de Saint-Georges-de-Rouelley et de Rouellé sont probablement liées à l'abondance des altérations argileuses sur les schistes paléozoïques du synclinal de Mortain.

Tourbe. Dans les zones déprimées en cuvettes des massifs de granite, les passées tourbeuses sont fréquentes mais rarement épaisses. Seule la tourbière de Gathemo, le Pré-Maudit, a une certaine extension. C'est une tourbe acide à cypracées et sphaignes dont la teneur en cendres est comprise entre 2,4 et 4,9 % (Ferronière *et al.*, 1949). La tourbière est en voie de classement comme site protégé.

GITES MINÉRAUX

Fer

Sur la feuille Mortain, le minerai a été exploité à la mine de Cabremont, commune du Neufbourg, par un puits d'extraction de 100 m de profondeur qui desservait quatre niveaux d'exploitation ; de nombreux sondages d'exploration ont été réalisés dès 1899 afin de déterminer la structure du synclinal de Cabremont. Les teneurs en fer, sur minerai grillé, sont de 34 à 46% dans ce secteur, la puissance de la couche minéralisée varie de 0,85 à 6 m, la production totale de cette mine, de 1913 à 1937 a été de 370 000 tonnes de minerai cru (Maillot, 1969).

La concession de Bourberouge fut attribuée en 1902, l'exploitation s'arrêta en 1914 ; les seuls travaux importants de cette concession furent les descendries de Boussentier. Les teneurs en fer, sur minerai cru, sont de 35 à 38 %, la puissance du minerai est de 3 à 4 m, la production totale jusqu'en 1914 a été de plus de 100.000 tonnes.

Les gîtes répertoriés à la banque des données du sous-sol du BRGM sont consignés dans le tableau n° 8.

Autres métaux

Quelques indices de métaux non ferreux sont répertoriés à la banque des données du sous-sol du BRGM (tableau n° 8). Seul celui d'Yvrandes (Pb-Zn) a été l'objet d'une recherche développée.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

ITINÉRAIRE GÉOLOGIQUE

Les principales curiosités géologiques de la feuille à 1/50 000 Mortain se répartissent approximativement selon un axe NW-SE, depuis les carrières de granite de Vire, aux environs de Saint-Michel-de-Montjoie, jusqu'aux Rochers de Grès armoricain de la Fosse Arthour à Rouelley.

Carrières de granite des environs de Saint-Michel de Montjoie.

Principale zone d'extraction du granite de Vire, les environs de Saint-Michel-de-Montjoie ont encore une dizaine de carrières en activité. Elles permettent l'observation de la granodiorite de Vire γ_c^{1-2} sous son faciès sain, gris ("granit bleu" des carriers). La carrière Chatel, la plus vaste, de dimension industrielle, permet les observations les plus complètes. La visite des petites exploitations artisanales, où l'on taille encore les pavés au burin, est également fort intéressante. Le "musée du granit" à Saint-Michel-de-Montjoie, est principalement centré sur la technologie granitière : taille et utilisation de la roche. De Saint-Michel-de-Montjoie, prendre vers le SW la D 39. Après la traversée de Saint-Poix, puis du fond du Vallon du Glanon, une ancienne carrière sur la droite expose les cornéennes dues au métamorphisme de contact de la granodiorite de Vire.

TABLEAU 8 - MINERAIS EXPLOITÉS ET INDICES RÉPERTORIÉS A LA BANQUE DES DONNÉES DU SOUS-SOL (BRGM)

Nom du gîte	Indice de classement national	Substance	Minéraux	Forme du gîte	Roche encaissante	Remarques
La Goupillière	2.4001	Pb	Quartz Galène Chalcopyrite	Filon	Phyllade Schiste Granite	Ancienne exploitation de quartz légèrement minéralisé.
Yvrandes	4.4001	Pb Zn	Quartz Blende Galène	Filon	Schiste Granite	Prospection BRGM - indice en cours de développement.
La Depoiserie	4.4002	Cu Zn As			Schiste Granodiorite	Prospection BRGM - indice en cours de développement.
Ruisseau Douenne	5.4001	Au	Or natif	Placer	Alluvions	Prospection alluvionnaire.
Rivière Argonce	5.4002	Au	Or natif	Placer	Alluvions	Prospection alluvionnaire
Mortain	6.4001	Fe	Hématite Sidérite	Couche	Schiste	Exploitée avec des interruptions jusqu'en 1940, noyée en 1944, travaux de recherche de 1949 à 1953 - Production totale : 350 000 T : 35,5 % Fe, 15,6 % SiO ₂ ; 0,30 % S; 18 à 19 % perte au feu, sur minerai cru. Réserves estimées à 50 millions de tonnes en place.
Le Neufbourg	6.4002	Zr Ti	Zircon Rutile	Couche	Grès	Plusieurs indices reconnus par scintillométrie.
Bourberouge	7.4001	Fe	Hématite Sidérite	Couche	Grès	Exploité dès le XVIII ^e siècle : 100.000 tonnes extraites - Production de 1911 à 1914 : 92.023 tonnes. Le minerai calciné titre 47% de fer.

Carrière de leucogranite du Mont-Buon.

Regagner Saint-Poix et prendre la D 33 en direction du Chérencé-le-Roussel. A 2 km, un chemin de char, sur la droite, mène à la carrière du Mont-Buon, meilleur affleurement des leucogranites γ_a^{1-2} . 1 km plus loin, au carrefour des routes D 33 et D 173, sur la droite, un ancien déblais expose un lambeau de granite chevauchant les siltites du Briovérien. Il est très rare d'observer un tel contact dans la région et cet affleurement mériterait d'être préservé à des fins didactiques. 500 m plus au Sud-Est, la carrière de la Herte expose un granite plus sombre qu'au Mont Buon, arénisé, et recoupé par une veine subméridienne d'aplite.

Gorges de la Sée : affleurements de cornéennes.

A Chérencé-le-Roussel, prendre la route de Sourdeval (D 911) et gagner les Gorges de la Sée creusées dans les cornéennes. Celles-ci peuvent être observées dans la carrière des Ratisse, en contre-bas de Brouains ou le long du chemin de char longeant la rive droite de la rivière, depuis la route de Brouains à Gathemo (D596) jusqu'au pont de la Forge.

Morphologie du massif de granodiorite de Vire ; traversée du massif granitique.

Par la D 496, monter à Beauficel pour prendre conscience de la vigueur du relief du massif de Vire, probablement rajeuni à une époque récente (dénivelé de 200 m entre la Sée et le plateau granitique). Continuer jusqu'à la D 39. En face, on pourra observer le site de la tourbière de Gathemo. Contourner celle-ci par l'Est en empruntant la D 39 puis, en prenant à gauche la D 496 sur 4 à 5 km, franchir l'escarpement de la faille qui a remonté la partie mortainaise du massif de Vire d'une centaine de mètres par rapport à celle du bocage virois.

Du massif de Vire à la cluse de Mortain ; traversée de la dépression de Sourdeval et du massif de granodiorite de Saint-Barthélemy.

Faire demi-tour et gagner Sourdeval par la D 82. A la Masure au Laisné, on remarquera, sur la gauche, deux petites exploitations d'arène granitique. En descendant sur Sourdeval, on traverse les cornéennes qui se situent en contre-bas du massif granitique, disposition inhabituelle dans la région. Au Sud de la localité, la D 977 recoupe une large dépression creusée par la Sée dans les schistes tachetés, moins durs que les cornéennes environnantes, avant de gravir l'escarpement formé par ces dernières. Au sommet de la côte, dans le virage, on pénètre dans le massif de granodiorite de Saint-Barthélemy. Remarquer la morphologie molle de ce massif, la roche étant largement arénisée en surface et le passage insensible dans la morphologie, du granite aux cornéennes, à la Sablonnière, puis des cornéennes aux formations paléozoïques à la Tête à la Femme (lente retombée vers le Sud-Ouest de la zone soulevée Saint-Michel-de-Montjoie - Ger). Au Neufbourg, la D 977 s'engage dans la cluse de Mortain.

Cascades et rochers de Mortain : Grès armoricain.

Zone de fractures complexe, la cluse de Mortain est dominée par des reliefs dus au Grès armoricain. La Canche traverse en gorge un panneau de grès et recoupe plusieurs bancs en cascade : Grande cascade en amont ; Petite cascade en aval (sentiers touristiques). Le Grès armoricain affleure bien. L'observateur

remarquera la présence de blocs et de masses de granite au fond de la gorge. En rive droite, la route directe du Neufbourg à Romagny recoupe une série de bancs rocheux de Grès armoricain, séparés par des cornéennes moins dures, répétition due à une série de failles parallèles. Sur le versant opposé, au Sud-Est de Mortain, les rochers de la Petite Chapelle (route balisée) offrent de bons affleurements de Grès armoricain et une vue d'ensemble sur la cluse de Mortain. Vaste panorama vers le Sud sur la zone basse façonnée dans les formations briovériennes non métamorphiques et drainée par la Sélune (table d'orientation).

Zone basse méridionale.

Au débouché de la cluse de Mortain, les alluvions anciennes de la Cance affleurent sporadiquement dans la zone industrielle de Romagny, à l'occasion de travaux de terrassement et d'aménagements de routes (talus et fossés).

Plus au Sud-Ouest, la réfection des talus et des fossés dégage momentanément des affleurements de loess, rapidement détériorés en une saison de végétation. La mise à nu d'affleurements de siltite est plus rare.

Au pied et au flanc des buttes de cornéennes (de Romagny à Chasseguey) et de la barre de Grès armoricain (de Mortain à la Fosse Arthour), les talus de route exposent localement des affleurements de formations de solifluxion à blocs (head).

Les murs du cimetière de Barenton présentent une belle collection de faciès de dolérites. Pour échantillonner, rechercher les boules accumulées par les agriculteurs, en bordure des champs.

Grès armoricains et schistes du Pissot à la Fosse Arthour.

Au Nord-Est de Saint-Georges-de Rouelley, la Sonce recoupe en cluse deux grandes barres rocheuses de Grès armoricains, au site touristique de la Fosse Arthour. Sur la face méridionale de ces barres où le grès apparaît en coupe, le rocher est de bonne qualité et quasiment dépourvu de lichens. Faiblement inclinés vers le Nord, les bancs épais de 1 à 2 m sont séparés par des joints de stratification donnant de bonnes "prises" pour l'escalade. Le grès est très homogène et les figures sédimentaires sont rares. Par temps humide, le rocher est glissant.

En amont de la cluse, dans le lit du ruisseau, les schistes du Pissot affleurent de place en place.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADAMS C.-J.-D.(1967) - K/A Ages from the basement Complex of the Channel Islands (United Kingdom) and the adjacent French Mainland. *Earth and Planetary Sc. L.* 2, pp. 52-56.

ADAMS C.-J.-D. (1976) - Geochronology of the Channel Islands and the adjacent French Mainland. *J. Geol. Soc. London*, 132, 3, pp. 233-250.

BARROIS Ch. (1899) - Sketch of the geology of Central Brittany. *Proceed. Geol. Assoc.*, 16, pp. 101-132.

BARTHELEMY L. et LECHEVALIER C. (1984) - Formation et évolution d'une tourbière normande : le Pré Maudit, Gathemo, Manche (France), *Revue de Paléobiologie*, vol. spec., pp. 1-9, Genève.

BERTRAND (1921) - Histoire de la formation du sous-sol de France. Les anciennes mers de la France et leurs dépôts. Paris. Flammarion éd., 188 p.

BEURRIER M., VILLEY M., ENOUF C., KUNTZ G., LANGEVIN C., LAUTRIDOU J.-P. (1982) - Flers-de-l'Orne. Carte géologique de la France à 1/50.000, coupure n° 211 et notice (44 p.), BRGM, Orléans.

BIGOT A. (1913) - Le bassin minier de Basse-Normandie, étude géologique. *Revue générale des sciences*, 24ème année, n° 7, pp. 258-263.

BOUBEE N. (1833) - Diverses observations sur le grès et le granite des environs de Vire et le diluvium du Calvados. *Bull. Soc. géol. France*, I, t. III, pp. 255-256.

BRGM (1976) - Atlas des ressources du sous-sol : Manche, possibilités d'utilisation industrielles. Conseil général de la Manche, 39 p., in 4°.

CAUMONT (de) (1838) - Essai sur la distribution géographique des roches dans le département de la Manche. *Mém. Soc. linn. Normandie*, t. 6, p. 258.

CHAMBRES DE COMMERCE DE CAEN, HONFLEUR, CHERBOURG, GRANVILLE, FLERS et ALENÇON (1924) - Les mines de fer du Calvados, de l'Orne et de la Manche, pp. 1-66, Caen.

CHANTRAINE J., CHAUVEL J.-J., DUPRET L., GATINOT F., ICART J.-C., LE CORRE C., RABU D., SAUVAN P. et VILLEY M. (1982) - Inventaire lithologique et structural du Briovérien (Protérozoïque supérieur) de la Bretagne centrale et du Bocage normand. *Bulletin du BRGM, Géologie de la France* I, n° 2-3, pp. 3-17, 6 pl. h.t.

CHANTRAINE J., CHAUVEL J.-J., BALE P., DENISE E., RABU D. (1986) - Le Briovérien (Protérozoïque) de Bretagne. *In Géodynamique du Massif armoricain*, Réunion R.C.P. 705, Paris, 13 oct. 1986, 1 p.

CHAURIS L. (1956) - Sur les relations du Cambrien et du granite de Vire (Normandie). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 242, pp. 3092-3094.

CHAURIS L., DANGEARD L., GRAINDOR M.-J. et LAPPARENT A. de (1956) - Les principaux batholites granitiques du bocage normand sont antérieurs à la transgression cambrienne. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 243, pp. 77-79.

CHAURIS L. et GUIGUES J. (1969) - Gîtes minéraux de la France, vol. 1, Massif armoricain, *Mém. BRGM*, n° 74, pp. 67-69.

COGNÉ J. (1972) - Le Briovérien et le cycle orogénique cadomien dans le cadre des orogènes fini-précambriens. Actes du Colloque International sur les corrélations du Précambrien (Agadir-Rabat, 3-23 mai 1970). *Coll. Internat. CNRS*, n° 192. *Notes et mémoires du Service géologique du Maroc*, n° 236, pp. 193-218.

CORILLION R. (1957) - Carte de la végétation de la France à 1/200.000, coupure n° 23, Alençon, CNRS.

CORILLION R. (1971) - Notices détaillées des feuilles armoricaines. Carte de la végétation de la France à 1/200 000, CNRS, 197 p.

CORILLION R. et GUERLESQUIN M. (1973) - Carte de la végétation de la France à 1/200 000, coupure n° 14, Caen, CNRS.

DALIMIER P. (1861) - Stratigraphie des terrains primaires dans la presqu'île du Cotentin. L. Martinet impr. Paris, 140 p.

DANGEARD L., DORÉ F. et JUIGNET P. (1961) - Le Briovérien supérieur de Basse Normandie (étage de la Laize), série à turbidites, a tous les caractères d'un flysch. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, vol. IV, pp. 251-261.

DISSLER E., DORÉ F., DUPRET L., GRESSELIN F. et LE GALL J. (1986) - Le socle cadomo-varisque du Nord-Est du Massif armoricain : évolution géodynamique. Réunion R.C.P. 706, Paris, 13 oct. 1986, 1 p.

DORÉ F. (1982) - The Precambrian-Cambrian boundary. In ODIN G.-S. (Edit.) Numerical dating in stratigraphy, pp. 636-640.

DORÉ F., DUPRET L. et LE GALL J. (1985) - Tillites et tilloïdes du Massif armoricain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, t. 51, pp. 85-86.

DORÉ F. et LE GALL J. (1972) - Sédimentologie de la "Tillite de Feugueurolles" (Ordovicien supérieur de Normandie). *Bull. Soc. géol. France* (2), t. XIV, pp. 199-211.

DORÉ F., JUIGNET P., LARSONNEUR C., RIOULT M. (1977) - Normandie. Coll. "Guides géologiques régionaux", Masson éd. Paris, 207 p., 12 pl.

DOTT R.-H. (1964) - Wacke, graywacke and matrix - What approach to immature sandstone classification ? *J. Sedim. Petrology*. vol. 34, n° 3, pp. 625-632.

DUPRET L. (1983) - Le Protérozoïque du Nord-Est du Massif armoricain. In Zoubeck V. éd. (à paraître), Precambrian in Younger fold belts.

DUPRET L. et LE GALL J. (1984) - Intensité et superposition des schistogénèses cadomiennes et varisques dans le Nord-Est du Massif armoricain. 10ème Réunion annuelle des sciences de la Terre, Bordeaux, 200 p.

DUPRET L., LE GALL J., DORE F., GATINOT F. et DISSLER E. (1985) - Les spilites de Vassy (Calvados), témoin d'un volcanisme sous-marin tholéitique et distensif, dans la sédimentation du Briovérien supérieur de Normandie (NE du Massif armoricain). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 300, série II, n° 14, pp. 687-692.

DUROCHER J. (1847) - Note sur une espèce de granite provenant de la Normandie et de la Bretagne. *Bull. Soc. géol. France*, (2), t. IV, pp. 140-145.

ELHAI H. (1960) - La tourbière de Gathemo (Manche, Normandie). *Pollen et Spores*, 2/2, pp. 263-274.

ENOUF C. (1981) - Analyse stratigraphique et structurale de la couverture paléozoïque de la Mancellia : cartographie des feuilles de Flers et Domfront (Orne) à 1/50 000. Thèse 3ème cycle, univ. Caen, 134 p.

FERRONNIERE Y., DUBOIS G., BOISSELET L., WEILL H. et ALLAIS A. (1949) - Les tourbières de France. 2 vol. 223 + 624 p., 1 Atlas. 77x55, XLVII pl., Direction des Mines, Paris.

FOUILLAC A.-M., COCHERIE A., ROSSI Ph., CALVEZ J.-Y., AUTRAN A. (à paraître) - Etude géochimique du batholite mancellien et rapport BRGM 86 DT 037 MGA.

GRAINDOR M.-J. (1957) - Le Briovérien dans le Nord-Est du Massif armoricain. Mém. Serv. Carte géol. France, 211 p., 26 pl. h.t.

GRAINDOR M.-J. (1967) - L'axe granitique Avranches-Mortain-Alençon. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 10ème sér., t. 8, pp. 25-37.

GRAINDOR M.-J. et WASSERBURG G.-J. (1962) - Déterminations d'âges absolus dans le Nord du Massif armoricain. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 254, pp. 3875-3877.

HORON O. (1963) - Carte des gisements de fer de la France à 1/1.000.000. BRGM, 2 feuilles.

JEANNETTE D. (1971) - Analyse tectonique de formations précambriennes. Etude du Nord-Est de la Bretagne. Thèse Sciences univ. Strasbourg, 251 p. et Mém. Sci. Géol., n° 36, 1972, 174 p., XII pl. h.t., 5 fig. h.t.

JONIN M. (1973) - Les différents types granitiques de la Mancellia et l'unité du batholite manceau (Massif armoricain). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 277, pp. 281-284.

JONIN M. (1981) - Un batholite fini-précambrien, le batholite mancellien (Massif armoricain France) ; étude pétrographique et géochimique. Thèse sciences, univ. Bret. occ. (Brest), 319 p.

JONIN M. et VIDAL P. (1975) - Etude géochronologique des granitoïdes de la Mancellia, Massif Armoricain, France. *Can. J. Earth Sci.*, 12, pp. 920-927.

KAPLAN G. et LEUTWEIN F. (1963) - Contribution à l'étude géochronologique du massif granitique de Vire (Normandie). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 256, pp. 2006-2008.

LAOUEANAN J.-P. (1983) - Les leucogranites de la marge nord de la Mancellia (Massif Armoricain) dans leur cadre structural. Thèse 3ème cycle univ. Caen, 188 p.

LA ROCHE H. (de) (1986) - Classification et nomenclature des roches ignées : un essai de restauration de la convergence entre systématique quantitative, typologie d'usage et modélisation génétique. *Bull. Soc. géol. France* (8), t. II, n° 2, pp. 337-353.

LAPPARENT A. (de) (1877) - Note sur le bassin silurien de Mortain. *Bull. Soc. géol. France*, (3), t. V, pp.569-578.

LAPPARENT A. (de) (1877b) - Sur le granite du Mont-Saint-Michel et sur l'âge du granite de Vire. *Bull. Soc. géol. France*, (3), t. VI, pp. 143-147.

LECORNU M. (1881) - Sur les gisements métalliques de la Basse Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 3ème sér., 1880-1881, t. 5, 365 p.

LE GALL J., DISSLER E. et DUPRET L. (1986) - Signification géodynamique des volcanismes briovériens dans le Nord-Est du Massif armoricain. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 303, série II, n° 17, pp.1587-1592.

LE GALL J. et MARY G. (1983) - Place et signification du complexe basique de Brée et des autres venues gabbroïques et doléritiques dans l'histoire cadom-varisque de l'Est du Massif armoricain. *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, (c), 15, 2, pp.169-180.

LE CORRE C. (1977) - Le Briovérien de Bretagne centrale : essai de synthèse lithologique et structurale. *Bull. BRGM*, sect. 1, pp. 219-254.

LEUTWEIN F. (1968) - Contribution à la connaissance du Précambrien récent en Europe occidentale et développement géochronologique du Briovérien en Bretagne (France). *Canad. Journ. Earth. Sc.*, n° 5, pp.673-682.

LEUTWEIN F., SONET J. et ZIMMERMANN J.-L. (1968) - Géochronologie et évolution orogénique précambrienne et hercynienne de la partie nord-est du Massif armoricain. *Sciences de la Terre*, Nancy, mém. n° 11, 84 p.

LEUTWEIN F., SONET J. et ZIMMERMANN J.-L. (1972) - Dykes basiques du Massif Armoricain septentrional. *C.R. Acad. Sc. Paris*, série D, t. 275, pp. 1327-1330.

MAILLOT R. (1969) - Les synclinaux ferrifères de Domfront et de la Ferrières-aux-Etangs (Basse-Normandie). *Bull. BRGM*, (2), II, 1, 120 p.

MATTE H. (1906) - Essai sur la stratigraphie du bassin de Mortain (Manche). *Bull. Soc. linn. Normandie*, Caen, (5), X, pp. 136-194.

MELOUX J., ROUYEYROL P. et GUIGUES J. (1979) - Cartes des gîtes minéraux de la France à 1/500 000, feuille Nantes, 1 carte et 1 notice, 74 p., BRGM, Orléans.

MULOT B. (1966) - Inventaire des gisements de grès à zircon et rutile de la Bretagne, de la Basse Normandie et des Pays de Loire, Manuscrit BRGM, 116 p. + 23 p. fig. h.t.

ODIN G.-S. (1982) - Numerical dating in stratigraphy, 2 vol., 1040 p., J. Wiley, Chichester.

NICOUT P. (1921) - Les gisements de minerai de fer de l'Est et l'Ouest de la France. *Revue de la métallurgie*.

PAREYN C. (1980) - Mise en évidence d'une activité néotectonique pliocène et quaternaire dans le Cotentin, le bassin de Carentan et le Bessin (Manche et Calvados). *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. XXII, n° 4, pp. 695-701.

PARIS F. (1981) - Les Chitinozoaires dans le Paléozoïque du Sud-Ouest de l'Europe. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, 26, 412 p.

PASTEELS P. (1970) - Uranium-Lead Radioactive Ages of Monazite and Zircon from the Vire-Carolles Granite (Normandy). A Case of Zircon-Monazite Discrepancy. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 63/1, pp. 231-237.

PASTEELS P. and DORÉ F. (1982) - Age of the Vire-Carolles granite. *In* Odin (1982) - Numerical dating in stratigraphy, pp. 784-790.

PHILIPPOT A. (1950) - Les Graptolites du Massif armoricain. Etude stratigraphique et Paléontologique. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, T. VIII, 295 p.

PRUVOST P. (1949) - Les mers et les terres de Bretagne aux temps paléozoïques. *Ann. Hebert et Haug.*, t. 7, pp. 345-360.

PUZENAT L. (1939) - La sidérurgie armoricaine. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*, t. IV, pp. 213-226.

RAGUIN E. (1958) - Bassins de fer de l'Ouest de la France, étude géologique. Chambre des Mines de fer de l'Ouest, rapport inédit, pp. 42-47.

ROBARDET M. (1980) - Evolution géodynamique du Nord-Est du Massif Armoricain au Paléozoïque. *Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne*. 20, 342 p.

VEAU R. et GILLES C. (s.d.) - Ger. Note ronéo, inédite, 17 p.

VERAGUE J. (1973) - L'arénisation du massif d'Athis-de-l'Orne (Basse Normandie). *Bull. Centre de Géomorphologie CNRS (Caen)*, n° 16, 59 p.

VERON P. (1959) - Les poteries de Ger. *Bull. Soc. Hist. et Archéo. de l'Orne*, Alençon, t. LXXVII, pp. 89-94.

VIRLET D'AOUST (1846a) - Note sur les noyaux micacés du granite de Vire. *Bull. Soc. géol. France*, (2), t. III, p. 19 et pp. 278-279.

VIRLET D'AOUST (1846b) - Note sur l'origine métamorphique du granite des environs de Vire (Calvados). *Bull. Soc. géol. France*, (2), t. III, p. 19 et pp. 278-279.

VIRLET D'AOUST (1846b) - Note sur l'origine métamorphique du granite des environs de Vire (Calvados). *Bull. Soc. géol. France*, (2), t. III, pp. 94-97.

VOGT J., CADIOT B., DELAUNAY J., FAURY F., MASSINON B., MAYER-ROSA D. et WEBER C. (1979) - Les tremblements de terre en France. *Mém. BRGM*, n° 96, 220 p., 1 carte h.t.

VOGT J. et WEBER C. (1980) - Carte sismotectonique de la France à 1/1 000 000 et notice. BRGM Orléans.

DOCUMENTATION CARTOGRAPHIQUE

Carte géologique générale de la France, par A. DUFRENOY et ELIE DE BEAUMONT (1/500 000, 1840).

Carte géologique du département de l'Orne, par E. BLAVIER (1840).

Carte géologique de la France à 1/80 000

Feuille *Coutances* (44) : 1ère édition (1884), par L. LECORNU.

2ème édition (1928), par A. BIGOT.

3ème édition (1967), par M.-J. GRAINDOR.

Feuille *Avranches* : 1ère édition (1882), par A. POTIER et A. de LAPPARENT.

2ème édition (1942), par H. MATTE.

3ème édition (1970), par M.-J. GRAINDOR et M.-M. ROBLOT.

Carte des gîtes minéraux de la France à 1/500.000

Feuille *Nantes* (1979), coordination J. MELOUX.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

La Banque des données du sous-sol du BRGM détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés au SGR Basse-Normandie, 2 rue du Général-Moulin, 14000 Caen, ou bien à l'antenne du BRGM à la Maison de la Géologie, 77 rue Claude Bernard, 75005 Paris.

MUSÉES

- Musée du "Granit" à Saint-Michel-de-Montjoie (Manche).
- Collection de préhistoire au musée de Tinchebray (Orne).
- Présentation didactique de la préhistoire ; château de Brecey (Manche, 1/50.000 Avranches).
- Musée de la poterie à Ger, Le Placitre (Manche).
- Musée local du Parc national Normandie-Maine à Barenton (Manche), centré sur la Pomme et la Poire.

AUTEURS DE LA NOTICE

Le coordonnateur (F. Ménillet) et les différents auteurs de la notice ont utilisé plusieurs textes et études originaux, mentionnés ci-dessous dans le générique des principales rubriques.

Introduction. Histoire géologique, Protérozoïque supérieur, Granites et Roches filoniennes : F. Ménillet d'après les observations et des textes de F. Trautmann, D. Janjou, J. Fourniguet, C. Langevin ; des études de lames minces de A.-M. Hottin (roches granitiques), D. Janjou et L. Minoux (Briovérien), ingénieurs géologues au BRGM.

Paléozoïque : F. Trautmann d'après les thèses de 3ème cycle de C. Enouf et J.-P. Laouenan.

Formations superficielles - Quaternaire : F. Ménillet, d'après un texte de J.P. Lautridou, directeur du Centre de géomorphologie du CNRS, à Caen, pour les alluvions, les loess et les formations de versant, en tenant compte des observations des différents auteurs.

Tectonique : F. Ménillet, avec la collaboration de D. Janjou et F. Trautmann.

Archéologie et préhistoire : F. Trautmann et G. Verron, directeur de la Circonscription des Antiquités préhistoriques de Basse-Normandie.

Données géotechniques : F. Ménillet.

Hydrogéologie : P. de la Quérière, ingénieur géologue au BRGM, Service géologique régional de Basse-Normandie.

Matériaux et carrières : F. Ménillet et F. Trautmann.

Gîtes minéraux : F. Trautmann et C. Vautrelle.

Sols et Végétation : F. Ménillet (texte revu par M. Provost, professeur de Biologie végétale à l'université de Caen).

