



AVRANCHES

La carte géologique à 1/50 000
 AVRANCHES 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)

GRANVILLE	VILLEDIEU	VIRE
	AVRANCHES	MORTAIN
DOL- DE-BRETAGNE MONT-ST-MICHEL	ST-HILAIRE- DU-HARCOUET	LANDIVY

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

BUREAU DE
 RECHERCHES
 GÉOLOGIQUES
 ET MINIÈRES

AVRANCHES

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



NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
AVRANCHES A 1/50 000

par

**C. LANGEVIN, L. MINOUX, A. L'HOMER,
J.-P. LAUTRIDOU, C. DASSIBAT et G. VERRON**

1984

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
<i>CADRE GÉOGRAPHIQUE</i>	5
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	5
<i>NOTATIONS UTILISÉES DANS LA PRÉSENTE NOTICE</i>	6
HISTOIRE GÉOLOGIQUE	6
DESCRIPTION DES TERRAINS	7
<i>FORMATIONS PRÉCAMBRIENNES D'ORIGINE SÉDIMENTAIRE</i>	7
Briovérien supérieur exempt de métamorphisme thermique	7
Briovérien supérieur métamorphisé au contact des granitoïdes cadomiens	11
<i>ROCHES PLUTONIQUES</i>	13
Granitoïdes cadomiens	13
Roches filoniennes post-cadomiennes	20
<i>FORMATIONS QUATERNAIRES</i>	21
Sédiments fluviatiles	21
Dépôts éoliens	22
Dépôts de solifluxion	23
Sédiments fluvio-marins holocènes et actuels	23
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES : <i>TECTONIQUE, MÉTAMORPHISME, MAGMATISME</i>	30
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	33
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	33
<i>RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES</i>	33
Gîtes minéraux	33
Carrières	34
SOLS ET VÉGÉTATION	35
SITES PRÉHISTORIQUES ET HISTORIQUES	36
ARCHÉOLOGIE ET ÉLÉMENTS D'HISTOIRE LOCALE	36
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	41
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i>	41
<i>COUPES RÉSUMÉES DE QUELQUES SONDAGES</i>	42
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	46
<i>CARTOGRAPHIE</i>	52
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	52
AUTEURS DE LA NOTICE	52
ANNEXE : <i>COMPOSITIONS CHIMIQUES DE ROCHES MAGMATIQUES</i>	54

INTRODUCTION

La nouvelle feuille Avranches à 1/50 000 couvre un territoire situé dans le département de la Manche et touchant à l'extrême Nord-Est celui du Calvados. Elle intéresse essentiellement un domaine de socle ancien (terrains précambriens et granitoïdes), mais inclut également un petit secteur maritime, celui de la zone estuarienne des rivières Sée et Sélune qui, entre le Grouin du Sud et la pointe de Roche-Torin, s'ouvre dans la célèbre baie du Mont-Saint-Michel.

CADRE GÉOGRAPHIQUE

La topographie de cette région est en relation étroite avec les structures géologiques. Trois zones surélevées s'individualisent nettement à la faveur d'intrusions granitiques ayant induré les roches encaissantes : au Nord, le massif de Carolles—Vire (lequel déborde largement le cadre de la feuille), puis celui d'Avranches, allongé suivant une ligne médiane Ouest-Est (et se poursuivant vers Mortain), enfin au Sud, le massif de Chalandrey, de dimensions plus modestes. Les escarpements les plus accusés coïncident avec les ceintures de cornéennes, mais les points culminants restent sur le granite : 244 m un peu à l'Ouest de Reffuveille, 297 m dans l'angle nord-oriental de la feuille.

Entre ces massifs, les terrains schisto-gréseux plus tendres donnent lieu à des dépressions vallonnées à relief mou : celle de Brécey au Nord, où s'écoule la Sée, celle d'Isigny-le-Buat au Sud-Est, drainée par l'Oir et ses affluents, enfin la plaine côtière sur le pourtour de la zone estuarienne.

Le paysage de cette contrée offre encore un aspect très morcelé, malgré l'extension du remembrement. Sur les schistes, les labours et les pâturages se partagent l'espace : les croupes peu accentuées qui s'y développent accueillent les haies, les talus, les rideaux d'arbres, composant le « bocage », monotone, uniforme... mais toujours différent ; sur les massifs granitiques, dont les sols sont réputés moins riches, la campagne conserve sa physionomie bocagère, mais les prairies l'emportent souvent sur les cultures. En revanche, les pentes raides qu'affichent les cornéennes, encore accrues dans les vallons transverses, sont impropres aux activités agricoles, et pour cela couvertes de bois et de taillis : les massifs cristallins apparaissent ainsi soulignés d'une frange sylvestre qui les individualise clairement sur la carte topographique.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

La feuille Avranches a été réalisée dans le cadre du programme de la carte géologique de la France à 1/50 000, à la suite des feuilles voisines Flers-de-l'Orne (1982), Saint-Hilaire-du-Harcouët (1983), Mortain (à paraître). Toutes ces feuilles ont été levées par des équipes du Bureau de recherches géologiques et minières, avec le concours de l'Université de Caen et du Centre national de la recherche scientifique (Centre de géomorphologie de Caen) ; les travaux de la feuille Avranches ont bénéficié du soutien financier de l'Établissement public régional de Basse-Normandie et du Fonds interministériel de développement et d'aménagement rural.

Les conditions d'affleurement du socle se sont avérées médiocres dans l'ensemble, étant donné l'extension des placages quaternaires, notamment des dépôts éoliens. Néanmoins, pour éviter, sur la carte, une oblitération par trop

importante du substratum, il a été décidé de n'y faire figurer ces formations superficielles que pour des épaisseurs supérieures à un mètre (exception faite des alluvions récentes, souvent pelliculaires). Même dans les zones à faible recouvrement superficiel, les observations demeurent le plus souvent ponctuelles.

Pour les terrains du socle, hormis la limite majeure entre granitoïdes et roches d'origine sédimentaire, les distinctions cartographiques portent essentiellement sur des variations de faciès, en général graduelles ; les limites, purement formelles, sont alors matérialisées par des traits fins discontinus.

En ce qui concerne les éléments structuraux, on a restreint l'apport de la télé-détection à la représentation des photofractures les plus évidentes (symbolisées par des traits gras discontinus).

NOTATIONS UTILISÉES DANS LA PRÉSENTE NOTICE

(autres que celles explicitées dans la légende de la carte géologique)

Coordonnées : les coordonnées X et Y définissent un point de la carte et se rapportent au quadrillage kilométrique Lambert de la zone I.

Directions : ex. : N 50° : direction définie par un angle de 50° par rapport au méridien (sens *horaire*).

Pendages des éléments structuraux planaires : ex. : 40 NW 70 : direction du plan : N 40°, pendage du plan : 70° vers le Nord-Ouest (approximativement).

B.S.S. : Banque des données du sous-sol du B.R.G.M.

Unités de longueur : m : mètre, cm : centimètre, mm : millimètre, μm : micromètre (micron).

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

L'histoire géologique de la région d'Avranches, située au cœur du *domaine mancennien* (*) débute vers la fin des temps précambriens, probablement au Briovérien supérieur (environ 650 millions d'années), par le dépôt d'une puissante série terrigène, rythmique, monotone, de type flysch ou molasse.

Au terme de ce cycle sédimentaire survient la phase terminale de *l'orogénèse cadomienne*, marquée :

— par le développement, dans les terrains briovériens, de plis synschisteux, accompagnés d'un métamorphisme général se situant vers la limite anchizone-épizone ;

— par l'intrusion, au sein des mêmes terrains, vers 600 millions d'années, de magmas granitiques issus du vaste batholite mancennien, dont plusieurs apex sont aujourd'hui mis au jour à la faveur de l'érosion (massifs de Carolles—Vire, d'Avranches, de Chalandrey, etc. ; voir schéma structural, fig. 1). Cette mise en place détermine dans l'encaissant un métamorphisme thermique générateur de cornéennes, dures et massives, au contact, et de schistes tachetés.

(*) *Mancennia* (nom latin de la région du Maine) : domaine structural de la partie nord-est du Massif armoricain, caractérisé par un Précambrien récent dans lequel se sont mis en place des granitoïdes *antérieurs* au dépôt des terrains paléozoïques.

Les terrains cambro-ordoviciens du « golfe bocain » ne sont plus représentés dans le territoire de la feuille ; ils sont conservés plus au Nord, dans un synclinorium hercynien. A l'Est, vers Mortain et au-delà, le Paléozoïque inférieur affleure également dans de petits synclinaux à ossature de grès armoricain.

Par la suite, des accidents cassants ont haché le bâti cadomien et permis le développement d'un réseau filonien comprenant des dolérites (350 millions d'années env.) et du quartz.

La lacune d'observation des terrains sédimentaires s'étend de la fin du Pré-cambrien jusqu'au Quaternaire, époque au cours de laquelle se forment plusieurs nappes alluviales successives, étagées en terrasses du fait des variations du niveau de base. La période la plus récente (Weichsélien (Wurmien) et Holocène) est marquée par l'accumulation de limons et de sables éoliens sur les terrains antérieurs, puis par la sédimentation de tangles dans la zone estuarienne de la Sée et de la Sélune.

DESCRIPTION DES TERRAINS

FORMATIONS PRÉCAMBRIENNES D'ORIGINE SÉDIMENTAIRE

Briovérien supérieur exempt de métamorphisme thermique

Les terrains briovériens, d'origine terrigène, qu'ils soient ou non affectés par le métamorphisme thermique dû aux granitoïdes mancelliens, occupent à peu près 70 % du territoire de la feuille Avranches, abstraction faite des placages éoliens récents.

L'âge *précambrien* de ces terrains est attesté par les diverses datations radiométriques effectuées sur les granites intrusifs qui les recoupent (voir chapitre consacré aux roches plutoniques). De plus, ces terrains se trouvent, un peu en dehors de la feuille, surmontés en discordance angulaire par les assises cambriennes du synclinorium de la zone bocaine (beaux exemples de ce phénomène dans des carrières exploitant le poudingue pourpré, près de la Haye-Pesnel).

Aucun argument paléontologique ne pouvant être avancé, en l'absence de fossiles (*), l'appartenance au Briovérien supérieur est suggérée par plusieurs critères indirects, lithostratigraphiques, sédimentologiques et structuraux.

En premier lieu, l'ensemble des terrains précambriens affleurant dans le cadre de la feuille présente des caractères lithologiques très comparables à ceux de « l'étage de la Laize », défini par M.-J. Graindor (1957) et qui, pour l'ensemble des auteurs, représente la partie terminale du Protérozoïque : puissante série flyschöide, constituée d'un empilement de séquences granoclassées, avec alternances de siltites et d'arénites.

La présence de fragments remaniés de phanites dans les faciès les plus grossiers évoque une série postérieure aux formations qui, au Nord de la zone bocaine, renferment des niveaux interstratifiés de ces roches à inclusions charbonneuses et appartiennent au « Briovérien moyen » *sensu* M.-J. Graindor (*ibidem*) (« étage de la Lande des Vardes »).

(*) En Bretagne, des formes de micro-organismes qui semblent se cantonner dans la partie supérieure du Briovérien ont été signalées par J.-J. Chauvel et C. Mansuy (1981).

Enfin, l'analyse structurale ne révèle qu'une seule phase tectonique cado-mienne, la phase II de J. Cogné in J. Cogné et A.E. Wright (1980) ; les terrains qu'elle affecte sont donc postérieurs à la phase cadomienne I qui, selon le même auteur, marque la limite entre un Briovérien inférieur *sensu lato* (incluant le « Briovérien moyen » de M.-J. Graindor, *op. cit.*) et le Briovérien supérieur.

De récentes investigations menées dans la partie orientale du domaine mancellien (J. Chantraine *et alii*, 1982) montrent que le Précambrien de cette région, au Sud de l'accident de la Drôme (*), est très homogène tant lithologiquement que structuralement, et doit se rapporter au « Briovérien post-phtanitique » *sensu C.* Le Corre (1977).

Cette homogénéité, constatée au cours du lever de la feuille Avranches, jointe à l'absence de niveaux-repères continus, aux répétitions tectoniques et au caractère sporadique des affleurements, n'a pas permis l'établissement de subdivisions lithostratigraphiques au sein même de ce Briovérien supérieur probable.

Il a cependant été possible de distinguer plusieurs ensembles lithologiques qui se rangent, suivant leur granulométrie, en deux grands groupes : celui des arénites et siltites, et celui des conglomérats.

bs, bsB. Arénites et siltites. Dans ce groupe de roches, quatre types de formations ont été différenciés et sont représentés sur la carte avec des couleurs distinctes ou des surcharges.

• **bs.** Le type le plus largement répandu consiste en des alternances rythmiques d'arénites et de siltites s'organisant en séquences granoclassées d'épaisseur variable (millimétrique à métrique) ; chaque séquence comporte à la base un terme plus ou moins grossier de teinte grisâtre relativement claire, passant à une roche à grain fin ou très fin, plus sombre, gris-vert à brunâtre, noirâtre dans les passages enrichis en matières organiques. Par contraste de teintes, les séquences millimétriques confèrent aux niveaux dans lesquels elles se développent un aspect rubané (siltites stratulées de certains auteurs). Ces rubanements ou laminations présentent souvent une stratification oblique par rapport au litage principal.

Des figures de glissement synsédimentaires s'observent par endroits, telles que lits convolutés ou *microslump*. Localement se développent même de véritables brèches sédimentaires (pointe de Roche Torin, abords occidentaux de Pontaubault, ainsi que Grovin du Sud, sur la feuille voisine Baie du Mont-Saint-Michel). Les surfaces basales de certaines séquences montrent des figures de ravinement par courants (sillons d'érosion, ou *flute-casts* des auteurs anglo-saxons) ; c'est le cas notamment sur les flancs de la tranchée du tronçon autoroutier ouvert récemment d'Avranches à Précey.

L'examen microscopique révèle les caractères suivants :

— *Les arénites* ont un grain moyen à fin (taille des éléments inférieure à 500 μm en règle générale) ; leur texture est jointive ou subjointive, et la matrice relativement abondante (elle représente plus de 15 % du volume). Le sédiment est hétérométrique, mais l'on observe souvent un granoclassement vertical, la dimension des plus gros éléments diminuant vers le sommet d'une même séquence, avec passage graduel aux siltites. Les éléments sont presque tous

(*) Prolongement oriental de l'accident de Granville.

anguleux. Ceux-ci sont de nature pétrographique variée : les plus abondants sont des fragments de quartz monocristallin, qui présentent fréquemment des extinctions roulantes. Viennent ensuite les feldspaths, plagioclases et feldspaths potassiques, peu altérés (*), et divers débris lithiques : quartzites, microquartzites (**), schistes et volcanites. La muscovite et la biotite détritiques sont présentes. Les minéraux lourds suivants ont été identifiés : sphène, tourmaline, zircon. La matrice est silteuse et constituée de très petits cristaux de quartz et de phyllites.

De tels sédiments immatures, à matrice abondante, à éléments figurés anguleux, renfermant une proportion appréciable de feldspaths et de fragments lithiques, peuvent être rangés selon certaines classifications américaines, dans la catégorie des *wackes* (H. Williams, F.-S. Turner et C.-M. Gilbert, 1954 ; R.-H. Dott, 1964).

— *Les siltites*, qui représentent la fraction de granulométrie inférieure à 50 μm , ont elles aussi un grain plus ou moins fin, suivant le niveau de la séquence. Elles apparaissent constituées principalement de petits éléments quartzeux et de paillettes de phyllites. La texture originelle de ces roches a été visiblement affectée par des déformations ultérieures : en effet, une schistosité, plus ou moins pénétrative suivant la granulométrie du matériau, tend à leur conférer une certaine anisotropie planaire, qui se surimpose à la stratification : ainsi il est fréquent d'observer, sur lames minces, entre nicols croisés, une extinction d'ensemble des minéraux phylliteux, oblique par rapport au litage primitif (voir chapitre consacré aux phénomènes géologiques).

Les analyses par diffraction de rayons X, effectuées sur des siltites pulvérisées en provenance des environs de Précey et de Saint-Quentin-sur-le-Homme, montrent que la composition minéralogique elle-même a dû s'en trouver modifiée : en effet ces échantillons ne renferment plus qu'une fraction argileuse réduite, alors que certains micas, probablement en partie néoformés (séricite, chlorite) y sont très développés.

Au sein des alternances rythmiques décrites ci-dessus ont été observés des niveaux discontinus caractérisés par une large prédominance des arénites au détriment des siltites ; les premières forment des bancs pluridécimétriques à métriques, séparés par de minces lits de siltites. Les plus importants de ces niveaux ont pu être portés sur la carte géologique, où ils prennent l'aspect de lentilles allongées suivant des directions N 30° à N 50°. La dureté du matériau, encore accrue dans les domaines soumis au métamorphisme thermique, a donné lieu à quelques exploitations locales.

Les caractères pétrographiques sont analogues à ceux des *wackes* précédemment décrits.

• *bsB*. Dans l'angle nord-occidental de la feuille, entre le village de Bacilly et celui de Montviron, existe un secteur réduit en superficie où le Briovérien présente des caractères sensiblement différents de ceux exposés dans les paragraphes précédents : d'une part la phase arénitique y est dans l'ensemble plus développée, aux dépens de la phase silteuse, d'autre part, on observe une régression nette de toutes les structures gravitaires de glissement.

(*) Certains éléments feldspathiques présentent une amorce de séricitisation.

(**) Les microquartzites montrent parfois des inclusions charbonneuses caractéristiques des phanites.

Une large bande presque exclusivement wackeuse, intercalée dans la formation bsB, affleure ou subaffleure immédiatement au Nord de Bacilly ; elle se poursuit vers la côte, en dehors de la feuille, selon une direction N 50°.

L'organisation des terrains briovériens en séquences granoclassées répétitives, la puissance apparente considérable de la série, l'existence de figures de courant et de structures de glissement synsédimentaires, l'immaturation de texture aussi bien que de composition, suggèrent une sédimentation de type flysch ou molasse, consécutive au démantèlement d'une chaîne ou d'une ride peu éloignée. Aussi bien ces formations terrigènes offrent de nombreux traits évoquant la série de la Laize, affleurant dans la vallée de même nom, au Sud de Caen, et interprétée par L. Dangeard, F. Doré et P. Juignet (1961) comme une série à turbidites, assimilable à un flysch précurseur de l'étape ultime et paroxysmale de l'orogénèse cadomienne.

bsC. Conglomérats. Dans le bassin versant de la Sée, au Nord du village de Tirepiéd, des conglomérats s'observent sur une crête que longe le ruisseau du Moulin du Bois ; ils se suivent sur trois kilomètres environ, au gré des affleurements.

Ces roches sont visibles à la faveur de deux petites carrières (X = 336,82 ; Y = 1 120,40 et X = 336,35 ; Y = 1 120,10), d'un terrassement privé dans un bosquet (X = 335,17 ; Y = 1 120,35) ainsi que dans le bois de la Rue ; elles se disposent en bancs d'épaisseur comprise entre 40 cm et 2,50 m, interstratifiés dans le Briovérien supérieur banal. Cartographiquement, la représentation des conglomérats englobe la phase silto-arénitique dans laquelle ceux-ci se trouvent intercalés.

L'observation macroscopique révèle les caractères suivants :

- Les éléments présentent une grande diversité quant à leurs dimensions, leur forme et leur teinte ; deux classes peuvent être distinguées :
 - éléments globuleux, roulés à polyédriques subanguleux, de taille généralement inférieure au centimètre ; leur teinte varie du noir (*) au blanchâtre, en passant par plusieurs nuances de gris ;
 - éléments très aplatis, généralement plus volumineux que les précédents, et dont les sections apparaissent allongées sensiblement suivant la stratification (1 à 10 cm de longueur pour 2 à 30 mm de largeur) ; leurs extrémités sont arrondies à légèrement atténuées, rarement anguleuses. Ces éléments, de nature silteuse, très homogènes, présentent une teinte gris sombre.
- Une gangue abondante, grisâtre, gréseuse, à grain moyen, emballe les éléments précédents, le plus souvent non jointifs.

L'examen microscopique confirme le caractère polygénique de ce sédiment :

- Les petits éléments globuleux comprennent :
 - des quartzites limpides ;
 - des microquartzites limpides ;
 - des microquartzites charbonneux (phtanites), à pigments noirs plus ou moins abondants, répartis de façon homogène ou déterminant de fins rubanements ; ces grains sont souvent parcourus de veinules de quartz secondaire ;
 - des roches endogènes toujours très altérées, à structure microlithique ou intersertale reconnaissable.

(*) Certains de ces éléments sont pulvérulents et laissent une trace semblable à celle du charbon.

- Les grands éléments aplatis sont constitués de siltites homogènes à petits grains quartzeux anguleux et évoquent des « galets de boue » provenant du remaniement de niveaux silteux de la série.
- La gangue est très hétérogène, constituée d'éléments anguleux de toutes tailles (jusqu'à 500 μm) et de nature variée : quartz dominant, rares plagioclases, débris lithiques. Ces éléments subjoinctifs sont liés par une matrice microcristalline quartzophylliteuse. Cette gangue présente une lithologie analogue à celle des *wackes* décrits plus haut.

Les conglomérats du secteur de Tirepied apparaissent, en raison de leur caractère polygénique, de leur hétérogénéité granulométrique et de l'abondance de leur gangue, comme des sédiments particulièrement immatures, à l'instar des faciès silto-arénitiques qui les environnent ; toutefois, une partie de la fraction grossière montre une usure notable qui contraste avec la morphoscopie des éléments de la gangue.

Ces sédiments rappellent par certains côtés les formations conglomératiques décrites à Granville (Manche) et qui furent l'objet de nombreux débats quant à leur origine. Les ressemblances portent plus particulièrement sur les points suivants :

- même environnement sédimentaire (intercalation des niveaux grossiers dans une série flyschöide) ;
- diversité pétrographique des éléments, nombreux types pétrographiques communs ;
- présence, dans les deux cas, de galets de boue probablement d'origine intraformationnelle ;
- usure d'une partie de la fraction grossière.

Cependant, à Granville, les éléments atteignent des dimensions beaucoup plus importantes (30 cm) et la gangue elle-même y est plus abondante, donnant à la roche l'aspect d'une boue consolidée à galets disséminés.

C.-E. Wegmann, L. Dangeard et M.-J. Graindor (1950), et après eux M. Lugeon et E. Jérémie (1950), M.-J. Graindor (1964, 1957, 1964) ont attribué aux « poudingues de Granville » une origine glaciaire (dépôts tillitiques). Une telle interprétation a été réfutée par E.-L. Winterer (1963), et, actuellement (L. Dupret, à paraître, 1984), cette formation est plutôt considérée, en l'absence de preuves irréfutables d'un façonnement glaciaire des galets, comme ayant été mise en place dans le contexte général d'une sédimentation turbiditique, par des « courants de débris » ou *debris flows*, définis par G.-V. Middleton et M.-A. Hampton [*in* : G.-V. Middleton et A.-H. Bouma (1973)].

Aucun argument ne permet de préciser, dans le secteur de Tirepied, la position stratigraphique des faciès conglomératiques dans l'ensemble de la série flyschöide ; s'ils sont les équivalents des « poudingues de Granville », ils doivent se situer à la base de cette série (« étage de Granville », M.-J. Graindor, 1957) ou *vers* sa base (F. Doré et L. Dupret, 1979).

Briovérien supérieur métamorphisé au contact des granitoïdes cadomiens

Les éléments briovériens ont subi, au contact des granitoïdes intrusifs, une transformation plus ou moins poussée, caractérisée par des néoformations de minéraux et des recristallisations ; il se dessine ainsi une auréole de métamorphisme, qui a été délimitée et divisée en deux zones suivant des critères aisément utilisables sur le terrain.

La limite externe de l'auréole correspond à l'apparition dans les faciès les plus fins (siltites) de « taches » visibles à l'œil nu, qui ne sont autres que des blastes néoformés. A ce stade, les caractères lithologiques, la structure et la dureté des matériaux originels ne sont pas sensiblement affectés : c'est le domaine des *schistes tachetés*.

En revanche, lorsqu'on se rapproche du pluton, l'aspect des roches, provenant pourtant du même matériel que précédemment, vient à changer assez brusquement et radicalement : on se trouve alors en présence de roches très dures, massives, presque entièrement recristallisées, les *cornéennes*.

L'auréole métamorphique proximale se traduit dans le paysage par des reliefs escarpés entaillés de gorges qui livrent passage aux cours d'eau nés sur le granite. De tels reliefs tranchent sur les croupes molles modelées dans les schistes tachetés qui s'étendent à leur pied, la rupture de pente entre ces deux domaines à lithologie contrastée étant nettement marquée. Le plus souvent, les bordures des massifs granitiques eux-mêmes sont en légère dépression par rapport aux cornéennes.

La largeur de l'auréole varie considérablement : pas plus de 500 m à l'extrémité orientale du massif d'Avranches, plusieurs kilomètres dans le secteur sud-oriental de la feuille (région d'Isigny-le-Buat). Ce fait tient probablement à la plus ou moins grande rapidité d'envoyage du granite sous les terrains encaissants. Signalons que les auréoles des massifs d'Avranches et de Chalandrey sont coalescentes, ce qui suggère une liaison en profondeur entre ces deux plutons actuellement exhumés.

bS². Schistes tachetés (auréole distale). Dans l'auréole distale, le métamorphisme thermique se manifeste par la présence, dans les faciès favorables, des blastes néoformés suivants :

- amas chloriteux ;
- monocristaux de cordiérite ;
- paillettes de biotite, de petite taille, éparpillées dans la roche.

Les deux premiers types constituent les *taches* caractéristiques. Les taches à chlorite sont les premières à apparaître, à la limite de l'auréole de contact ; les phénoblastes de cordiérite les remplacent en position plus interne et sont parfois associés à des paillettes de biotite.

Ce sont les siltites fines qui paraissent les plus sensibles aux conditions du métamorphisme thermique et qui renferment les taches les plus abondantes et les plus volumineuses (non loin du passage aux cornéennes, leur taille peut excéder le centimètre).

Au microscope, les siltites fines tachetées montrent, à l'instar de leurs équivalents non affectés par le métamorphisme de contact, un feutrage de très petits cristaux de chlorite et de séricite, plus ou moins orientés, mêlés à du quartz et à des feldspaths détritiques, feutrage au sein duquel se développent les blastes ci-dessus mentionnés, non coalescents. Les amas chloriteux sont de forme ovoïde et constitués de lamelles vert pâle. Les blastes de cordiérite consistent en des nodules allongés voire des prismes à section hexagonale, plus ou moins altérés en fines paillettes de mica blanc de la variété *pinite*.

Les « taches » de chlorite et de cordiérite ont tendance à s'orienter suivant les plans de la schistosité de flux qui affecte le fond quartzo-feldspathique et phylliteux. Celle-ci se moule d'ailleurs fréquemment sur ces blastes de grande taille, donnant lieu, à leur abord, à une extinction roulante du feutrage phylli-

teux, qui s'oppose à l'extinction d'ensemble observée dans les plages épargnées par la blastogenèse.

Les paillettes de biotite, lorsqu'elles existent, ne paraissent pas orientées.

Les siltites grossières ne présentent que de rares taches et des niveaux wackeux en sont le plus souvent exempts. Des faciès conglomératiques, peu développés, ont été observés au Nord de Précey, dans l'auréole de métamorphisme du massif de Vire ; ils ont été distingués sur la carte par une surcharge. Celle-ci a d'ailleurs été utilisée par erreur à l'extrême Sud de la feuille, dans un affleurement situé autour du point (X = 331,6 ; Y = 1 106,4) pour représenter le faciès « schiste tacheté » banal.

bK₀². Cornéennes (auréole proximale). Les cornéennes se distinguent sur le terrain par leur dureté, leur relative homogénéité, l'absence de schistosité pénétrative. Par contre, les alternances siltites—arénites existant souvent dans la roche originelle sont soulignées par le développement différentiel des minéraux de métamorphisme, notamment la cordiérite (*) (d'où l'aspect rubané de certaines cornéennes).

En lame mince, les niveaux les plus grossiers présentent une texture polygonale équante due essentiellement à la recristallisation des grains de quartz qui deviennent jointifs et dont l'agencement donne lieu à de nombreux points triples. Des feldspaths participent également à cette mosaïque. Parmi les cristaux néoformés qui s'insinuent entre les grains précédents, il faut citer en premier lieu la biotite en petites paillettes, dont la teinte brun-rouge, due à la présence de titane, dénote une température de formation élevée. La cordiérite, toujours pinitisée, est présente en plages diffuses et la tourmaline forme des poeciloblastes particulièrement développés aux abords même du granite.

Dans les niveaux d'origine silteuse prédominant des blastes de cordiérite, amiboïdes, souvent coalescents, également pinitisés, et des lamelles millimétriques de muscovite non orientée. Les espaces sont occupés par une très fine mosaïque isogranulaire de quartz et de feldspath et par des cristaux de tourmaline plus ou moins abondants, parfois poecilolithiques.

ROCHES PLUTONIQUES

Granitoïdes cadomiens

A l'affleurement, les granitoïdes forment trois massifs distincts représentés *pro parte*, sur le territoire de la feuille Avranches. Issus probablement d'un même batholite, intrusif dans les terrains briovériens (batholite mancellien, M. Jonin, 1973), ces massifs présentent une composition minéralogique et chimique relativement homogène, bien que chacun d'eux offre certaines particularités qui seront mentionnées lors de l'étude des différents types pétrographiques.

Le *massif de Carolles—Vire* s'étend dans la partie nord-occidentale de la feuille et se retrouve dans l'angle nord-est. Il débordé largement sur les feuilles voisines Baie du Mont-Saint-Michel, Granville, Villedieu-les-Poêles et surtout Vire et Mortain.

(*) Celle-ci cristallisant sous forme de blastes de 1-2 mm, préférentiellement dans les niveaux fins, il y a apparence d'une inversion de granulométrie.

Le *massif d'Avranches* forme une bande granitique assez étroite (1 à 4 kilomètres de largeur) s'étirant d'Ouest en Est sur quelque 30 kilomètres depuis les quartiers occidentaux de la ville de même nom jusqu'aux abords de Mortain, où il est recouvert en transgression par les assises du grès armoricain. Aux abords du village de Montgothier, s'individualise une apophyse d'environ 2 kilomètres carrés de superficie, dirigée vers le *massif de Chalandrey*.

Celui-ci, de dimensions beaucoup plus modestes que les précédents, situé aux confins des feuilles Avranches et Saint-Hilaire-du-Harcouët, apparaît comme un satellite du vaste massif de Fougères, dont il n'est séparé que par un « détroit » de cornéennes de moins d'un kilomètre de largeur.

Description des différents types de granitoïdes

Le type pétrographique de base, commun aux trois massifs précités, et le plus largement répandu, correspond à une granodiorite (*) à biotite et cordiérite, au sein de laquelle se différencient certains faciès, notamment au voisinage de l'encaissant : leucogranites, dont les plus importants affleurements ont pu être distingués cartographiquement, faciès porphyroïdes, pegmatitiques, apliques.

γ_c^4 . **Granodiorite à biotite et cordiérite.** L'aspect macroscopique du type commun est celui d'une roche homogène, équante, de grain moyen (2-4 mm), leucocrate, de teinte générale gris bleuté lorsqu'elle est saine, jaunâtre en cas d'altération. On y distingue à l'œil nu des cristaux de feldspath blanchâtres, assez bien formés, baignés dans du quartz à éclat gras. L'ensemble est moucheté de petites lamelles de biotite noires à mordorées. La cordiérite se reconnaît le plus souvent à son altération : elle se présente alors sous forme de petits amas phylliteux millimétriques verdâtres.

L'examen microscopique montre une roche à texture grenue isogranulaire associant les espèces minérales suivantes :

- Le quartz se présente en plages xénomorphes interstitielles (1-4 mm) à extinction rouillante, rarement en petits cristaux subautomorphes millimétriques.
- Le feldspath calco-sodique est représenté par d'abondants cristaux trapus automorphes à subautomorphes (1-5 mm), à macles polysynthétique et de Carlsbad associées, souvent zonés : leur composition évolue alors de l'andésine (au cœur) à l'oligoclase (à la périphérie) ; la séricitisation est plus ou moins poussée.
- Le feldspath alcalin est fréquemment perthitique (orthose renfermant des veinules d'albite non miscible) ; ses cristaux, nettement moins nombreux que ceux de plagioclase, sont xénomorphes, moins altérés, et renferment des inclusions diverses.
- La cordiérite apparaît en cristaux globuleux ou prismatiques (1-2 mm) le plus souvent affectés par une altération intense (pinitisation). En leur sein se développent également de petites lamelles de muscovite.

(*) La granodiorite se distingue du granite *sensu stricto* par le fait que les plagioclases y représentent, en volume, plus des deux tiers des feldspaths (d'après la classification de A. Streckeisen, 1973).

- La biotite se présente en lamelles automorphes pléochroïques (longueur inférieure à 3 mm) dont on observe occasionnellement des sections hexagonales. Elles incluent des zircons à auréole opaque ainsi que des oxydes et des sulfures automorphes. Les lamelles sont plus ou moins gagnées par la chloritisation ; de très fines aiguilles de rutile les envahissent parfois.
- La muscovite se développe aux dépens de la cordiérite, mais existe également en lamelles indépendantes, au même titre que la biotite, à laquelle elle reste toujours subordonnée.
- Les minéraux accessoires observés, en plus de ceux signalés dans la biotite, sont l'apatite et (rarement) la tourmaline.

Localement se différencie un faciès à tendance porphyrique, à phénocristaux automorphes de plagioclase, dont la taille ne dépasse cependant pas 2 cm en général. Le caractère sporadique et diffus de ce faciès n'a pas permis sa représentation cartographique ; signalons toutefois qu'il s'observe plus fréquemment à Avranches même et dans les environs immédiats, en particulier dans l'ancienne carrière du Mont-Jarry, au Sud de l'agglomération (X = 328,00 ; Y = 1 114,50).

Les analyses modales effectuées par M. Jonin (1981) permettent de donner une idée de l'abondance relative des différentes espèces minérales rencontrées dans la granodiorite à biotite et cordiérite. Les résultats numériques suivants concernent uniquement des échantillons prélevés par cet auteur dans le cadre de la feuille Avranches :

- massif d'Avranches, ancienne carrière au lieu-dit la Goronnière, à 1,5 kilomètre au Nord-Ouest du village de Montgothier ;
- massif de Carolles—Vire, ancienne carrière à 2 km au Nord de Plomb ;
- massif de Carolles—Vire, travaux d'adduction d'eau à Subigny ;
- massif d'Avranches, travaux de terrassement au lieu-dit le Mont-Jarry (faciès à tendance porphyrique).

(Pourcentages volumiques)	(a)	(b)	(c)	(d)
Quartz	32,6	27,8	33,5	32,4
Plagioclase	30	29,3	29,5	37,2
Feldspath alcalin	14,6	28,1	15	14,0
Biotite	14	11,4	16	5,9
Muscovite	7,5	1,9	3,7	8,4
Cordiérite	1	1,1	1,6	1,4
Divers	0,3	0,4	0,4	0,7

Ces analyses à elles seules montrent que certains minéraux cardinaux subissent de notables variations, c'est le cas pour les micas et le feldspath alcalin : ainsi la composition modale de l'échantillon (b) le range parmi les granites monzonitiques selon la nomenclature de A. Streckeisen (1973) (*). Par ailleurs, l'échantillon (d), renfermant relativement peu de ferromagnésiens, présente une tendance leucogranitique. Les compositions chimiques de tous ces échantillons sont données dans l'annexe, à la fin du fascicule.

(*) Cet échantillon a été prélevé à proximité d'un affleurement de leucogranite, lequel (*cf. infra*) renferme des quantités de plagioclase et de feldspath alcalin à peu près égales.

Un trait caractéristique de la granodiorite de type Vire est l'abondance des enclaves, centimétriques à décimétriques, qui altèrent l'homogénéité de la roche (*). Elles sont de nature et d'origine diverses. On reconnaît en premier lieu, aux abords même de l'encaissant, des fragments anguleux de *cornéenne*, de couleur gris sombre, à grain fin, dont les textures et les compositions minéralogiques sont analogues à celles existant dans l'aurole thermométamorphique proximale :

- texture polygonale en mosaïque associant quartz, feldspaths (recristallisés) et biotite titanifère (néoformée), ainsi que, accessoirement, cordiérite pinitisée et tourmaline, dans les fragments provenant des niveaux les plus grossiers ;
- texture noduleuse à blastes de cordiérite abondants parfois coalescents, pinitisés et muscovitisés, inclus dans un fond microcristallin quartzo-feldspathique également recristallisé, dans les enclaves arrachées aux passages d'origine silteuse.

D'autres enclaves consistent en des amas entièrement quartzeux, polycristallins, translucides, considérés par M. Jonin (1981) comme provenant des filons de l'encaissant.

Également très abondantes sont les enclaves surmicacées, généralement aplaties, de taille centimétrique à décimétrique, à texture orientée ou nébulitique, à contact net ou diffus avec la granodiorite, constituées essentiellement de biotite et de feldspath ; on y observe également de la muscovite, de la cordiérite, du quartz et de la tourmaline.

γ_2^2 . **Leucogranites.** Des leucogranites (**) ont été observés dans chacun des trois massifs ; seuls les affleurements les plus étendus ont été cartographiés, sur la bordure des massifs de Carolles—Vire et de Chalandrey, où ces roches sont exposées dans de petites carrières, dont une, près de Plomb (carrière Lamotte) est actuellement en activité (X = 333,01 ; Y = 1 122,22).

Le type le plus commun, de teinte très claire, présente une structure homogène équante et un grain moyen (2-5 mm). Les cristaux blancs de feldspath γ sont dominants, moulés par du quartz à éclat gras ; la *muscovite*, plus ou moins abondante, forme des lamelles pouvant atteindre 4 mm. La biotite est parfois présente en paillettes millimétriques.

A l'examen microscopique, on observe une texture grenue hypidiomorphe avec, comme minéraux cardinaux, le quartz et les feldspaths alcalins et calco-sodiques ; les minéraux secondaires sont la muscovite, la cordiérite, la biotite et la tourmaline ; l'andalousite est présente occasionnellement.

- Le quartz forme des plages xénomorphes interstitielles craquelées (jusqu'à 4 mm), à extinction roulante.
- Le feldspath alcalin se présente en cristaux xénomorphes fréquemment poeciloblastiques, perthitiques, maclés Carlsbad, et est nettement plus abondant, en proportions volumiques, que dans la granodiorite à biotite et cordiérite.
- Le feldspath calco-sodique est une albite, en cristaux subautomorphes à automorphes non zonés, plus ou moins altérés (séricitisation).

(*) Ces corps, appelés vulgairement « crapauds », sont jugés indésirables par les carriers.

(**) Granites hololeucocrates à feldspaths potassiques et albite ou oligoclase acide (J. Lameyre, 1966).

- La muscovite, présente en proportions variables, est en lamelles indépendantes, primaires, ou en amas résultant de l'altération des cristaux de cordiérite.
- La cordiérite est toujours plus ou moins pinitisée ou muscovitisée, mais ses cristaux globuleux, millimétriques, montrent encore parfois des extinctions par secteurs en lumière analysée.
- La biotite est rare, fréquemment chloritisée.
- La tourmaline se présente sous deux aspects, soit en petites baguettes automorphes, soit en plages plus larges poecilithiques.
- L'andalousite, incolore à rose pâle (teintes de pléochroïsme), a été observée dans quelques échantillons.
- L'apatite et des minéraux opaques sont présents accessoirement.

M. Jonin (1981) donne le résultat d'une analyse modale portant sur un échantillon prélevé dans la carrière Lamotte, à Saultbesnon près de Plomb.

	(Pourcentages volumiques)
Quartz	34
Feldspath alcalin	29,4
Plagioclase (albite)	33,2
Muscovite	2,3
Biotite	1
Divers	0,1

La présence de muscovite et de silicates d'alumine dans la paragenèse traduit le caractère acide et alumineux du magma originel, confirmé par l'analyse chimique (se reporter à l'annexe).

Au contact même de l'encaissant, les leucogranites peuvent présenter une texture pegmatitique à grandes lamelles de muscovite et tourmaline abondante.

γ^2 . **Aplites.** Des granitoïdes à grain fin, aplitiques, s'observent localement au sein des massifs plutoniques ou sur leur bordure. Dans certains cas, ils sont l'objet d'une représentation cartographique (secteur de Saint-Jean-du-Corail-des-Bois, au Nord de la feuille). Ces sont des roches très claires, à l'instar des leucogranites, mais renfermant des proportions plus importantes de micas (muscovite, biotite). Leur chimisme ne diffère d'ailleurs sensiblement de celui des leucogranites que par le plus grand pourcentage de MgO (se reporter à l'annexe).

Relations entre les formations

• **Relations entre la granodiorite à biotite et cordiérite et les leucogranites et aplites.** Les leucogranites forment des petits plutons bordiers, au contact des cornéennes, sans limites nettes avec la granodiorite, ou apparaissent en passées plus ou moins diffuses au sein de celle-ci. Les aplites se présentent souvent en filons, centimétriques à métriques, parfois plus développés, recoupant nettement la granodiorite. Cette disposition suggère l'intervention d'un épisode magmatique, tardi-cadomien, postérieur à la phase d'intrusion principale.

• **Relations entre les granitoïdes et l'encaissant.** Les contacts entre les granitoïdes et l'encaissant ne s'observent avec netteté qu'en quelques localités privilégiées, notamment dans des carrières exploitant les cornéennes les plus dures, donc les plus proches de l'intrusif. D'une façon générale, les contacts sont *normaux* (non tectoniques) et les interfaces systématiquement pentées vers l'extérieur des massifs plutoniques. Lorsque le litage originel est encore visible dans l'encaissant, on constate que les granitoïdes recoupent le plus souvent *obliquement* les plans de stratification ; dans un cas cependant (carrière située à 750 m au Sud-Est du barrage de la Roche-qui-boit, sur la bordure occidentale du massif de Chalandrey), la surface de contact, observée sur plusieurs mètres, apparaît tout à fait conforme au pendage des lits de la cornéenne (40 NW 70).

Au voisinage de l'interface, on observe fréquemment, du côté de l'encaissant, des injections magmatiques (aplites) et, dans l'intrusif, de nombreuses enclaves anguleuses de cornéenne. Au contact même, les granitoïdes présentent souvent des différenciations pegmatitiques. Des filons leucocrates, d'épaisseur décimétrique à plurimétrique, de texture aplito-pegmatitique (voire grenue, au cœur des plus importants) traversent l'enveloppe de cornéennes et sont observables parfois assez loin de la masse principale du pluton (par exemple dans la carrière du Tertre près de la gare d'Avranches) (*).

A l'échelle cartographique, on remarque d'emblée le caractère globalement « discordant » des massifs granitiques de Carolles—Vire et d'Avranches, d'orientation générale Est-Ouest, par rapport aux structures plicatives cadomiennes. Dans le détail cependant, on observe certaines dispositions qui ne sont probablement pas le fruit du hasard :

- ainsi la petite apophyse méridionale du massif d'Avranches, près de Montgother, présente une orientation sensiblement SW—NE ;
- le lambeau de cornéennes affleurant au toit (?) du massif de Carolles—Vire, dans le secteur nord-occidental de la feuille, suit la direction N 55° ;
- enfin, le massif de Chalandrey, considéré dans son ensemble, présente lui-même un certain allongement dans la direction N 30°.

Les rapports entre la phase plicative cadomienne (de direction d'axe N (30)-40-60°) et l'intrusion des granitoïdes mancelliens a pu être précisée par l'examen, à une tout autre échelle d'observation, des relations blastèse-schistosité dans les auréoles de métamorphisme thermique (voir chapitre Phénomènes géologiques).

Arénisation

L'altération météorique des granitoïdes engendre les arènes (notées $\mathcal{A}\gamma_a^4$ sur la granodiorite à biotite et cordiérite, et $\mathcal{A}\gamma_a^2$ sur les leucogranites). Par suite de l'effet de barrière dû aux ceintures de cornéennes, en saillie par rapport à la bordure des massifs granitiques, ces arènes ont été conservées, en place ou plus ou moins remaniées, dans de vastes zones, en général peu accidentées topographiquement ; l'épaisseur de l'horizon altéré, qui peut atteindre une dizaine de mètres, est éminemment variable d'un point à un autre, cette variabilité pouvant se manifester à l'échelle même de l'affleurement. Précisons que les

(*) L'indication par le symbole conventionnel, de cette carrière abandonnée, a été omise sur la carte géologique ; nous en donnons ci-après les coordonnées précises : X = 327,37 ; Y = 1 116,44.

poches d'arènes, observées çà et là dans les secteurs où la roche saine est exposée ou se trouve proche de la surface, n'ont pu être représentées en détail, eu égard à l'échelle de la carte.

Deux anciennes carrières de « sable » permettent une bonne observation du phénomène d'arénisation de la granodiorite à biotite et cordiérite : celle de la Cour (*), dans l'angle nord-est de la feuille (massif de Carolles—Vire), et celle de l'Anglaicherie (**), en bordure de la route nationale 799, à 4 kilomètres au Sud de Brécey, tout près du contact avec les cornéennes (massif d'Avranches). Dans les deux cas, le front de taille, haut de 6-7 mètres, montre, sous une couche de colluvions sableuses ou sablo-limoneuses de 1 m à 1,50 m de puissance, une arène *in situ* peu évoluée (fraction grossière prédominante, caractères texturaux analogues à ceux de la roche-mère), dont les éléments présentent une altération physico-chimique différentielle : grains de quartz intacts, cristaux d'orthose ternis, mais résistants, lamelles de biotite mordorées, plagioclases pulvérulents. La cohésion du matériau augmente vers la base du front de taille, sans que l'on atteigne toutefois le niveau du « granite bleu », non altéré.

Les leucogranites donnent une belle arène blanche, à lamelles intactes de muscovite, semblable à celle qui fut exploitée près du Bois-Garnier (massif de Chalandrey) (petite carrière servant actuellement de dépôt d'ordures).

Âges radiométriques des granitoïdes

Aucune datation radiométrique n'a été effectuée dans le cadre du lever de la feuille Avranches. Cependant plusieurs données géochronologiques sont disponibles dans la littérature (travaux de M.-J. Graindor et G.-J. Wasserburg, 1962, G. Kaplan et F. Leutwein, 1963, C.-J.-D. Adams, 1967, P. Pasteels, 1970, M. Jonin et P. Vidal, 1975, M. Jonin, 1981, P. Pasteels et F. Doré, 1982) ; des trois massifs granitiques affleurant dans le périmètre de la feuille, elles n'intéressent que celui de Carolles—Vire. Suivant les auteurs, les résultats sont assez dispersés ; nous mentionnerons ci-après les déterminations les plus récentes.

Les analyses sur roches totales (autres que leucogranites) effectuées par M. Jonin et P. Vidal, utilisant la méthode rubidium—strontium, conduisent à un âge de 617 ± 12 millions d'années ; pour ce qui concerne les leucogranites, des mesures réalisées conjointement sur des échantillons en provenance des massifs de Bonnemain et de Carolles—Vire (1) leur attribuent un âge nettement moindre : 525 ± 6 millions d'années (2) ; ce résultat est compatible avec certains faits observés sur le terrain (recoupement de la granodiorite par des filons de leucogranite aplitique).

Par ailleurs, P. Pasteels (*cf.* P. Pasteels et F. Doré, 1982) aboutit, grâce à la méthode uranium—plomb appliquée à la monazite *seule*, à des âges de 547 ± 10 et 543 ± 17 millions d'années pour des granodiorites provenant de Saint-Michel-des-Loups et de Saint-Michel-de-Montjoie. Cet auteur précise qu'eu égard à la méthode utilisée, ces âges correspondant à la fermeture du système géochimique uranium—plomb ne coïncident pas nécessairement avec l'époque de la cristallisation du magma.

(*) Coordonnées : X = 346,72 ; Y = 1 124,57.

(**) Coordonnées : X = 343,30 ; Y = 1 115,80.

(1) L'un de ces échantillons a été recueilli dans la carrière Lamotte, près de Plomb, déjà citée.

(2) Il ne s'agit peut-être que de l'âge d'un épisode hydrothermal tardif.

Ces résultats sont toutefois à rapprocher de celui obtenu par A. Autran *et al.* (1983) sur une granodiorite du massif de Fougères (rapport rubidium—strontium sur minéraux) : 521 ± 11 millions d'années.

Une incertitude relativement importante subsiste donc quant à l'époque de la mise en place des granitoïdes ; bornons-nous à constater que les différentes déterminations radiométriques oscillent autour de la valeur 570 millions d'années retenue par le Colloque Holmes (1967) pour la base du Cambrien (*).

Roches filoniennes post-cadomiennes

ε. **Dolérites.** Plusieurs filons de dolérites sillonnant le socle cadomien ont été cartographiés sur le territoire de la feuille ; ils ne se manifestent le plus souvent en surface que par les boules « volantes » qui en proviennent et qui peuvent se suivre sur des distances atteignant une dizaine de kilomètres, selon une direction oscillant autour du méridien.

Le filon le plus important traverse de part en part le batholite d'Avranches au voisinage du Grand-Celland, passe au Nord dans son auréole thermométamorphique, puis dans les terrains briovériens, pour se perdre enfin vers Notre-Dame-de-Livoye. Sur son trajet, l'ancienne carrière du bois de la Saudraie ($X = 339,96$; $Y = 1\ 115,64$) permet d'observer la dolérite en place, son altération, le contact avec l'encaissant, la granodiorite en l'occurrence, ainsi que la géométrie de la lame intrusive ; celle-ci est subverticale et sa puissance est d'environ 10 mètres. La dolérite, extrêmement dure et de teinte gris sombre lorsqu'elle est saine, présente un processus de météorisation très caractéristique, avec individualisation de boules de dimensions variées (jusqu'à $2\ m^3$), chacune d'elle étant enveloppée par un cortex d'altération susceptible de desquamation.

Microscopiquement, la roche saine, au cœur du filon, présente un aspect classique : grain fin (inférieur à 1 mm), texture ophitique, avec lattes jointives subautomorphes de labrador, formant une charpente dont les espaces sont occupés essentiellement par des cristaux de clinopyroxène. Les opaques automorphes (pyrite, magnétite) sont relativement abondants (jusqu'à 10 % du volume total). Signalons que la roche renferme un peu de quartz, ainsi que de la calcite. Au voisinage des épontes, la texture devient microlithique, avec plagioclases en petites baguettes (de moins de $500\ \mu m$ de longueur) et rares phénocristaux de clinopyroxène épars dans une mésostase. Au contact même de l'encaissant, sur une épaisseur d'environ 1 mm se manifeste une fluidalité marquée (orientation des baguettes de plagioclase parallèlement à l'interface). La composition chimique d'un échantillon de dolérite provenant des environs de Tinchebray (feuille voisine Mortain) est donnée dans l'annexe, à la fin du présent fascicule (on y remarque la proportion relativement importante de calcium).

Ces roches basiques appartiennent à un système filonien développé dans une grande partie de la Mancellia (voir le schéma structural, fig. 1), lié à la fracturation subméridienne du socle cadomien et mis en place probablement aux temps dévono-carbonifères : en effet, dans le synclinorium du Menez-Belair (voir la feuille Broons à 1/50 000), des diabases de même type recoupent des niveaux

(*) L. Chauris, mettant en évidence la transgression des poudingues pourprés directement sur le granite dans une carrière au Sud de Villedieu-les-Poêles, avait démontré dès 1956 l'antériorité de la mise en place du massif de Carolles—Vire par rapport aux premiers dépôts paléozoïques (cambriens) du synclinorium de la zone bocaine.

dinantiens, tandis que, plus près d'Avranches, aux abords de Mortain, des filons doléritiques sont interrompus par des failles directionnelles hercyniennes (*).

Aussi bien, des études géochronologiques menées par F. Leutwein, J. Sonet et J.-L. Zimmermann (1972) attribuent aux dolérites de la Mancellia occidentale des âges radiométriques compris entre 340 et 390 millions d'années ; d'autres mesures, effectuées à l'occasion du lever de la feuille Saint-Cast (1/50 000) conduisent à un âge dévonien supérieur à dinantien précoce (D. Jeannette in J. Cogné *et alii*, 1980).

Q. Quartz. Un seul filon de quartz, de direction méridienne, recoupant le granite, a été représenté vers la limite des feuilles Avranches et Villedieu-les-Poêles. D'une longueur approximative de 1,5 kilomètres, à l'affleurement, il fut autrefois activement exploité et, de ce fait, apparaît actuellement en « négatif », sous la forme d'un fossé de 10 à 15 m de largeur pour 10 m environ de profondeur. Les points d'observation du matériel sont rares ; par places subsistent quelques restes de quartz laiteux non minéralisé sur les épontes, ainsi que des blocs épars dans le fond de l'excavation.

D'autres filons, masqués par les formations superficielles se manifestent en surface, dans certaines localités, par des « volantes » parfois très volumineuses (métriques). Ces endroits sont indiqués sur la carte par une notation ponctuelle.

FORMATIONS QUATERNAIRES

Sédiments fluviaux

Fv. Alluvions fluviales du Pléistocène inférieur. A l'issue du défilé étroit de la Sélune qui s'encaisse dans le massif granitique de Chalandrey et sa ceinture de cornéennes, cette rivière a édifié une série de nappes alluviales épaisses, à caractères périglaciaires, disposées en terrasses étagées.

C'est au sommet d'une colline à l'Est de Ducey, à proximité du signal géodésique + 64 m, qu'une ancienne carrière (X = 333,50 ; Y = 1 108,62) fournit une coupe sur 4 m de la haute terrasse, montrant des sables et des graviers très altérés (taille : 2-4 cm), surmontés par un sol argileux rubéfié.

Les granites étant presque tous désagrégés, il reste surtout des quartz, des cornéennes, s'écrasant facilement sous le choc du marteau, et quelques éléments de grès armoricain. La datation n'est que relative et s'intègre dans une interprétation d'ensemble des terrasses de la Sélune. Cette terrasse couvrait de vastes glacis, modelés dans les schistes à l'ère tertiaire.

Fw. Alluvions fluviales présaaliennes du Pléistocène moyen. La moyenne terrasse est actuellement conservée au Sud de Ducey où elle est intensivement exploitée (carrières Philippe). Cette terrasse comporte de bas en haut une nappe de graviers, de galets et de blocs altérés pouvant atteindre le demi-mètre (granite, cornéenne, grès armoricain, quartz), une nappe de sables gris (3 à 3,5 m d'épaisseur), puis une nouvelle couche épaisse de 2,7 m de graviers et de galets de même composition que dans la couche basale, mais moins altérés et moins grossiers, l'ensemble étant couronné par un horizon argileux rougeâtre, rubéfié par pédogenèse.

(*) Voir feuille Mortain à 1/50 000 (à paraître).

Fx. Alluvions fluviales saaliennes. La basse terrasse de la Sélune, vraisemblablement saalienne, est visible dans la carrière de la Touche, au Sud de Ducey (X = 331,94 ; Y = 1 107,16), et comporte une nappe inférieure très grossière avec blocs anguleux surdimensionnés (taille atteignant 60 cm) et cailloux peu altérés de nature variée (granite, quartz, cornéenne, grès armoricain), surmontée par une nappe de sables et graviers. L'ensemble atteint 7 m d'épaisseur, mais diminue ensuite rapidement d'importance vers l'aval (Poilley, le Gué de l'Épine). Dans la vallée de la Sée existent quelques rares lambeaux de cette terrasse.

Fy. Alluvions fluviales weichséliennes. Les alluvions weichséliennes (graviers de fond) sont le plus souvent recouvertes par les alluvions holocènes : ce sont des sables, graviers et galets sub-émoussés en général peu épais (1 m environ), excepté dans la partie en aval des vallées de la Sée et de la Sélune où leur puissance peut dépasser 2 mètres.

En aval d'Avranches (vallée de la Sée) et de Ducey (vallée de la Sélune), dans la plaine alluviale actuelle ou un peu au-dessus, des alluvions sablo-graveleuses non altérées ont été repérées par sondage sur une épaisseur dépassant parfois 7-8 m (sondages pour la déviation d'Avranches, sondages par la D.D.A.-Manche à Ducey). Recouverts de loess ou d'alluvions récentes, ils n'affleurent pratiquement pas. Plutôt que de les classer en Fx, nous pensons qu'ils appartiennent à Fy dans la mesure où il n'y a pas de replat d'érosion dans le substratum entre cette nappe et celle des graviers de fond. On peut penser d'après les profils qu'il y a plutôt emboîtement des graviers de fond (plé-niglaciaires probablement) dans cette nappe qui appartiendrait au Weichsélien ancien.

Fz. Alluvions fluviales holocènes. Les alluvions holocènes sont constituées de matériaux provenant essentiellement du remaniement des dépôts éoliens weichséliens : loess dans une grande partie de la carte, sables éoliens au Sud-Ouest. Leur épaisseur est en général inférieure à 1 mètre.

Dépôts éoliens

OEy. Lœss weichséliens (wurmien). Les lœss weichséliens (wurmien) sont épais et très étendus, excepté aux ruptures de pente et sur la partie est des massifs granitiques de Carolles—Vire et d'Avranches où le modelé très vallonné n'a pas permis leur conservation. Par contre, ils recouvrent les glacis développés sur les schistes briovériens dans les vallées de la Sée et de la Sélune : leur épaisseur peut atteindre 3-4 m à l'Ouest, en particulier au contact des sables Ny, mais de façon générale elle diminue vers l'Est. Sous le sol brun lessivé postglaciaire à tendance hydromorphe, le faciès habituel est celui, classique, du lœss normand, appelé limon à doublets : limon non carbonaté, à alternance de lits millimétriques marron et gris-jaune. Toutefois, cette structure perd de sa netteté vers l'Est et dans les zones de faible épaisseur.

Les caractéristiques sédimentologiques sont identiques à celles des lœss sur les feuilles voisines : médiane vers 25-30 micromètres, fraction 10-50 micromètres dominante, faible quantité de sables (souvent moins de 10 %), teneur en argile notable (12 à 20 %), courbe granulométrique cumulative sigmoïde. Au contact de la zone sableuse (Ny) les lœss sont sableux ; puis d'Ouest en Est le matériel s'affine (plus d'argile, moins de sable). Le quartz est de loin le minéral dominant ; il y a un peu de feldspath et de la muscovite (en proportion très variable, surtout abondante à l'Ouest). Dans la fraction argi-

leuse, la kaolinite est plus abondante que l'illite, la vermiculite et la chlorite. Pour ce qui concerne les minéraux lourds, l'association épidote—amphibole (stock d'origine marine : golfe normand—breton) prédomine sur celle des ubiquistes (zircon—tourmaline—rutile).

L'origine des loëss weichséliens (wurmien) est à chercher dans les sédiments marins du fond du golfe normand—breton exondé pendant la dernière période froide ; les poussières ont été apportées par des vents d'Ouest comme le montrent la cartographie (diminution d'épaisseur et d'extension d'Ouest en Est), ainsi que les caractéristiques sédimentologiques et minéralogiques.

Rappelons qu'en règle générale, seuls les placages de plus d'un mètre d'épaisseur ont été représentés (l'épaisseur réelle des limons a été notée ponctuellement).

Mais en fait, la couverture limoneuse est presque continue (sauf sur pentes fortes), qu'elle soit homogène ou mélangée aux altérites sur les massifs granitiques.

Ny. Sables éoliens weichséliens (wurmien). Les sables éoliens périglaciaires constituent la terminaison orientale d'une couverture sableuse plus étendue sur les feuilles Baie du Mont-Saint-Michel et Granville, en particulier au pied de la falaise littorale fossile sous les dunes et les sédiments marins holocènes. Sur la présente feuille, ils forment des placages très limités, peu épais (1-2 m), localisés surtout en fond de vallon et en bas de versant. Latéralement, ils passent vers l'Est aux loëss par l'intermédiaire d'une zone de transition très étroite, non représentée ici (mais plus nette sur la feuille Granville). C'est donc une disposition comparable à celle de la plaine côtière des Flandres, avec des sables de couverture passant latéralement aux loëss, le gradient étant Ouest-Est (et non pas Nord-Sud comme dans les Flandres).

Ces sables éoliens sont très bien classés, avec une prédominance de la fraction arénitique fine (médiane vers 150 à 200 micromètres), excepté vers Vains, où ils sont un peu plus grossiers. Comme dans les loëss, le stock d'origine marine à épidote—amphibole—grenat prédomine, avec une augmentation nette de la teneur en grenat dès que la fraction sableuse devient importante.

Ces sables sont associés à des pavages de quartz éolisés (Vains—Précey). Ils remplissent des fentes de gel, profondes parfois de plus de 2 m, ouvertes dans les schistes précambriens (Précey). Ces fentes à remplissage éolien primaire (*sand-wedges*) indiquent des conditions périglaciaires très froides et sèches, avec vraisemblablement un pergélisol au moment de leur formation (début du Pléniglaciaire supérieur, il y a environ 25 000 ans, cf. J.-P. Lautridou et J. Sommé, 1981).

Dépôts de solifluxion

Les dépôts de pente hétérométriques périglaciaires, d'âge weichsélien, sont localisés au pied d'escarpements importants, en particulier autour des massifs granitiques d'Avranches et de Carolles—Vire, où la ceinture de cornéennes a fourni des débris grossiers de gélivation amalgamés avec du loëss. L'épaisseur de ces dépôts de solifluxion dépasse rarement un mètre ; ils n'ont pas été distingués sur la carte.

Sédiments fluvio-marins holocènes et actuels

Cette rubrique sera plus amplement développée dans la notice accompagnant la coupure spéciale Baie du Mont-Saint-Michel de la carte géologique à 1/50 000. Le lecteur intéressé par ce sujet pourra également se reporter aux tra-

vaux de B. Caline, J. Le Rhun, C. Larsonneur, J.-P. Lautridou, A. L'Homer, M.-T. Morzadec et aux rapports établis par le Laboratoire central d'hydraulique de France.

Données sur le milieu de sédimentation

Le complexe estuarien de la Sée et de la Sélune (partie amont de la baie du Mont-Saint-Michel).

Rappelons que la configuration de la côte et des fonds dans le golfe normand-breton détermine une zone d'interférence d'ondes de marée qui est à l'origine des valeurs exceptionnelles de marnage en baie du Mont-Saint-Michel. Celles-ci peuvent atteindre, en période de vive-eau maximum, 12 à 14 m, et, très exceptionnellement, 15 mètres.

Au cours de la période de flot, les frottements sur le fond provoquent un ralentissement progressif des courants de marée au fur et à mesure qu'ils pénètrent dans la baie puis dans les estuaires. Il s'ensuit un gradient décroissant similaire de la dimension des particules entraînées par les eaux marines. A ce gradient granulométrique décroissant subhorizontal s'ajoute un autre gradient, suivant la verticale, lié à la perte de compétence progressive des eaux depuis le début de la période de flot jusqu'à l'étalement de pleine mer.

Comme l'énergie dépensée par les courants de flot est un peu supérieure à celle liée aux courants de jusant, on conçoit que le bilan apport-départ de sédiment soit positif. Ceci explique pourquoi les baies à marées sont toutes plus ou moins affectées par des processus de colmatage progressif.

Les estrans à fort marnage sont classiquement divisés en trois zones étagées et dénommées domaines tidaux inférieur, moyen et supérieur. Le secteur de la baie inscrit dans la feuille Avranches n'est concerné que par les deux derniers.

Une des caractéristiques majeures du paysage estuarien réside dans la limitation du domaine tidal moyen à un espace restreint (zone de chenaux d'embouchure) au profit d'une prédominance du domaine tidal supérieur, marquée par un grand développement des schorres (appellation locale d'« herbus »).

Le *domaine intertidal moyen* comprend tout d'abord la partie la plus en aval qui soit visible sur la carte, constituée par un tronc commun estuarien qui présente un léger rétrécissement au droit des caps rocheux du Grouin du Sud et de Roche Torin ; elle comprend également les débouchés des estuaires de la Sée et de la Sélune. Cette zone de grèves très plates, couvertes de fins sablons est encore fortement façonnée par les courants de marée qui la recouvrent pour tous les coefficients supérieurs à 63. De ce fait les cours des rivières y sont fluctuants ; ils présentent souvent plusieurs bras et ne doivent être abordés qu'avec précaution. Les *Nereis* sont encore très fréquents dans ce secteur tandis que les *Corophium* se raréfient puis disparaissent vers l'amont.

La zone estuarienne qui fait suite vers l'amont se présente sous la forme d'un chenal encore assez large (200 à 150 m) avec un tracé légèrement sinueux. Cette partie du système estuarien n'est plus visitée que par les marées de coefficient supérieur à 70. Le profil du chenal est encore dissymétrique : une des rives est bordée d'un talus entaillant plus ou moins le schorre, l'autre rive, en voie de lent empâtement, forme un ruban de slikke à tangles argilo-silteuses. Les méandres se forment, se déplacent et se reforment toujours aux mêmes endroits. Quelques rares *Nereis* existent parfois dans les ruisseaux de schorres les plus larges.

On atteint le *domaine intertidal supérieur* en remontant les estuaires, là où s'observe un tracé méandriforme du chenal entaillé dans le schorre, la slikke

étant réduite à un pied de talus à pente souvent forte. Les courants de marée n'y sont ni assez puissants ni assez fréquents pour rectifier les contours déjà contrôlés par les cours d'eau et pratiquement figés. Lors des plus fortes marées, en particulier aux équinoxes, l'onde de flot se fait sentir jusqu'à proximité de Tirepied pour le val de Sée et bien en amont de Ducey pour le val de Sélune. Vers l'aval le domaine intertidal supérieur comprend également toutes les extensions de la haute slikke, là où apparaissent sporadiquement les premières plantes halophiles sur les tangués. Il comprend aussi les vastes surfaces de schorre, terme le plus élevé du dispositif estuarien. Le schorre est parcouru par un réseau nervuré de ruisseaux d'évacuation des eaux de pluie ou de marée ; il est colonisé par des plantes halophiles variées ou par des espèces herbacées qui en font des « prés salés » utilisés pour l'élevage du mouton.

La fréquence des marées recouvrant la haute slikke peut atteindre 70 par an et s'abaisser à une dizaine pour les schorres les plus élevés.

Les types de dépôts

Mz2. Tangués d'estuaire. Les sédiments qui se déposent dans la partie terminale des estuaires, là où ceux-ci s'ouvrent sur le fond de la baie, sont constitués de sables très fins micacés (grain moyen : 135 μm), assez délavés mais à classement médiocre. Ces dépôts comprennent souvent de fins débris végétaux ou coquilliers et parfois de petits galets et des granules de tange argileuse ou de bois pourris.

Les levées bordant les chenaux et les bancs formés à proximité sont constitués de sablons bien classés (grain moyen : 110 μm) à faible taux de lutite (inférieur à 4 %) et riches en très fins débris coquilliers (teneur en carbonate oscillant entre 45 et 65 %).

Les sédiments de la *basse slikke*, laquelle se raccorde à la haute slikke suivant une pente généralement faible, sont légèrement plus fins et déjà plus vaseux. Ils gardent les traces de rides de courant ou de houle et également celles d'organismes fousseurs.

Tous ces sédiments gorgés d'eau et peu cohésifs sont très faciles à éroder et à remettre en mouvement. Lorsqu'un chenal change de tracé, ce qui est relativement fréquent, l'ancien lit est rapidement comblé sans pour autant que les sédiments soient aussitôt stabilisés (fortes propriétés thixotropiques). C'est ainsi que sont engendrés les *sables mouvants* qui constituent encore aujourd'hui un réel danger pour le promeneur non initié aux pièges de la baie.

Mz1. Tangués de haute slikke et de schorre. Les sédiments qui appartiennent au domaine intertidal supérieur ne se déposent qu'en fin de cycle de flot, lorsque les courants ont déjà des vitesses faibles (peu de turbulence, écoulement laminaire prédominant, fraction sablonneuse en majeure partie déposée). Ces caractéristiques dynamiques se reflètent dans la sédimentation. Ce sont des dépôts rythmés horizontaux, sauf aux abords des chenaux et des talus dont ils épousent la forme. Ils sont constitués de feuillets en « doublets » : chute des silts et des sablons, puis décantation des lutites lors de l'étalement. Mis à part le style en lamines, les structures sédimentaires sont rares : quelques ébauches de *ripple marks* peuvent exister sur la haute slikke (marées d'équinoxe, rides de vent) ; les radicales de végétaux sont abondantes.

On distinguera les « herbus » ou schorres *formés au vent*, très riches en sablons (exemple : celui du camp d'aviation d'Avranches entre Sée et Sélune), et les « herbus » riches en tange argileuse *formés en zone abritée des vents dominants*, comme celui de Gisors, à l'Est du Grouin du Sud. Les granulomé-

tries oscillent entre 35 et 70 μm . La partie interne des schorres, près des rivages, est plus basse et très argileuse (décantations ultimes des eaux, mode avoisinant 30 à 40 μm).

Vers l'amont des estuaires les tangues s'affinent et deviennent de plus en plus riches en fraction argileuse. Ces faciès font la transition avec les tangues palustres argileuses des marais maritimes.

MzP. Tangues des polders et des marais maritimes aménagés. Bien que regroupées sous un même indice, les tangues des polders et les tangues des marais maritimes aménagés ont été distinguées sur la carte par l'emploi d'une surcharge. Elles correspondent à des zones autrefois gagnées par les marées de vive-eau et annexées depuis le début du XIX^e siècle pour être utilisées à des fins agricoles (terres conquises). Signalons toutefois que certaines parties de ce domaine peuvent encore exceptionnellement être inondées, lors des marées d'équinoxe ou lors des crues des rivières (voir le chapitre consacré à l'histoire locale).

Fz/MzP. Tangues interstratifiées dans les limons fluviatiles. Ce sont les dépôts qui font la transition entre le domaine fluviatile proprement dit et le domaine estuarien. Par suite du colmatage progressif de la baie du Mont-Saint-Michel suivant un processus d'amont vers l'aval, l'influence des marées se fait sentir de moins en moins loin dans les réseaux fluviatiles.

Les limons fluviatiles brunâtres tendent à recouvrir petit à petit les limons argileux palustres à la fois fluviatiles et marins. A deux ou trois mètres de profondeur, on retrouve des tangues argilo-silteuses (par exemple vers Saint-Brice dans le val de Sée).

Mzx. Tangues des mondrains. Les dépôts anthropiques sont le fait de l'activité des sauniers qui s'est exercée durant plusieurs siècles. Les tangues résiduelles après le lavage du *sablon salé* ont été accumulées soit sous forme de monticules bordant le rivage (les plus importants se voient à Bas-Courtils), soit pour faire de petits enclos protégés par des digues de moellons schisteux (rive droite de la Sée, commune de Vains). Se reporter à la rubrique « Les anciennes salines » dans le chapitre consacré à l'histoire locale.

Données de forages et remblaiement holocène

Aux forages exécutés par le passé (chemins de fer, Équipement, Entreprise Ménard) s'ajoutent les sondages effectués récemment sur tout le pourtour de la baie avec un matériel du B.R.G.M. dans le cadre d'études des formations quaternaires (J.-P. Lautridou) et de la cartographie géologique des sédiments de la baie du Mont-Saint-Michel (A. L'Homer et J.-P. Ferey) (*).

Les forages se sont tous arrêtés au contact du substratum rocheux (Briovénien), lequel présente une faible pente d'amont en aval. Rencontré à une cote + 2 m à Pont-Gilbert, à - 1 m à la station d'épuration près de l'ancienne petite passerelle sur la Sée, le substratum doit s'abaisser à une cote voisine de - 10 m dans le défilé entre la Roche Torin et le Grouin du Sud. Au pont de Pontaubault la cote du substratum la plus basse atteinte par les forages (sondage Mazelier, cf. P. Lebesconte, 1898) se situe à environ - 3 m.

(*) Les coupes des sondages peuvent être consultées à la Banque des données du sous-sol du B.R.G.M.

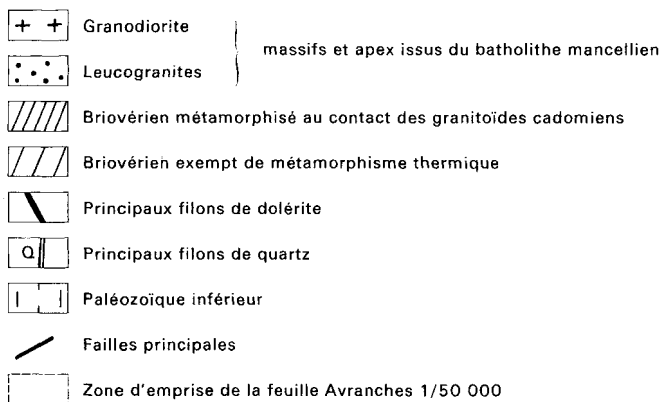
Les dépôts holocènes constitués de sables, de tangles silteuses, de limons argileux de marais maritimes et de tourbes, sont inscrits dans les formations quaternaires résiduelles, fortement entaillées auparavant suivant les axes des vallées. Leur épaisseur peut atteindre 5 à 9 m à l'Ouest d'Avranches (vallées de la Sée) et 5 à 7 m dans la vallée de la Sélune.

Le remblaiement par les sédiments holocènes a débuté il y a 8 000 ans dans la partie la plus externe de la baie. Les sédiments ont gagné le fond de celle-ci au fur et à mesure de l'élévation du niveau marin pour atteindre, il y a 6 500 ans, une cote légèrement inférieure à celle du niveau actuel.

Une série d'oscillations a par la suite affecté le niveau marin, les épisodes régressifs étant marqués par l'extension de niveaux tourbeux. L'histoire de ces fluctuations a été reconstituée grâce aux analyses palynologiques et aux datations par le carbone 14 (M. Clet *et alii*, 1981). Plusieurs horizons de tourbe rencontrés en sondage dans le secteur de la carte Avranches ont fait l'objet de datations radiométriques. Citons notamment l'horizon tourbeux rencontré entre les cotes + 1,20 et 0,20 m par le forage exécuté sur l'herbu par M. Giresse, en limite des communes d'Avranches et du Val-Saint-Père et daté $6\,200 \pm 100$ ans (P. Giresse et J.-P. Lautridou, 1973). Un forage effectué à proximité du poste de stockage de gaz, en bordure de Sée, a rencontré un ensemble de niveaux tourbeux de + 4,50 à + 2 m dont la base donne un âge de $5\,200 \pm 140$ ans et le toit $3\,590 \pm 170$ ans. Au Pont-Notre-Dame (commune de Courtils), un banc de tourbe situé entre + 5 et + 3 m a été daté $3\,420 \pm 240$ ans.

Enfin au siècle dernier, on a découvert, à une profondeur de 10 mètres, lors de fouilles effectuées à Pont-Corbet-sous-Avranches, « une tête de *Bos primigenius*, des bois de Cerf et du bois débité régulièrement en bûches par la main de l'Homme » (E.-A. Pigeon, 1888).

Fig. 1 - Schéma structural de la région d'Avranches



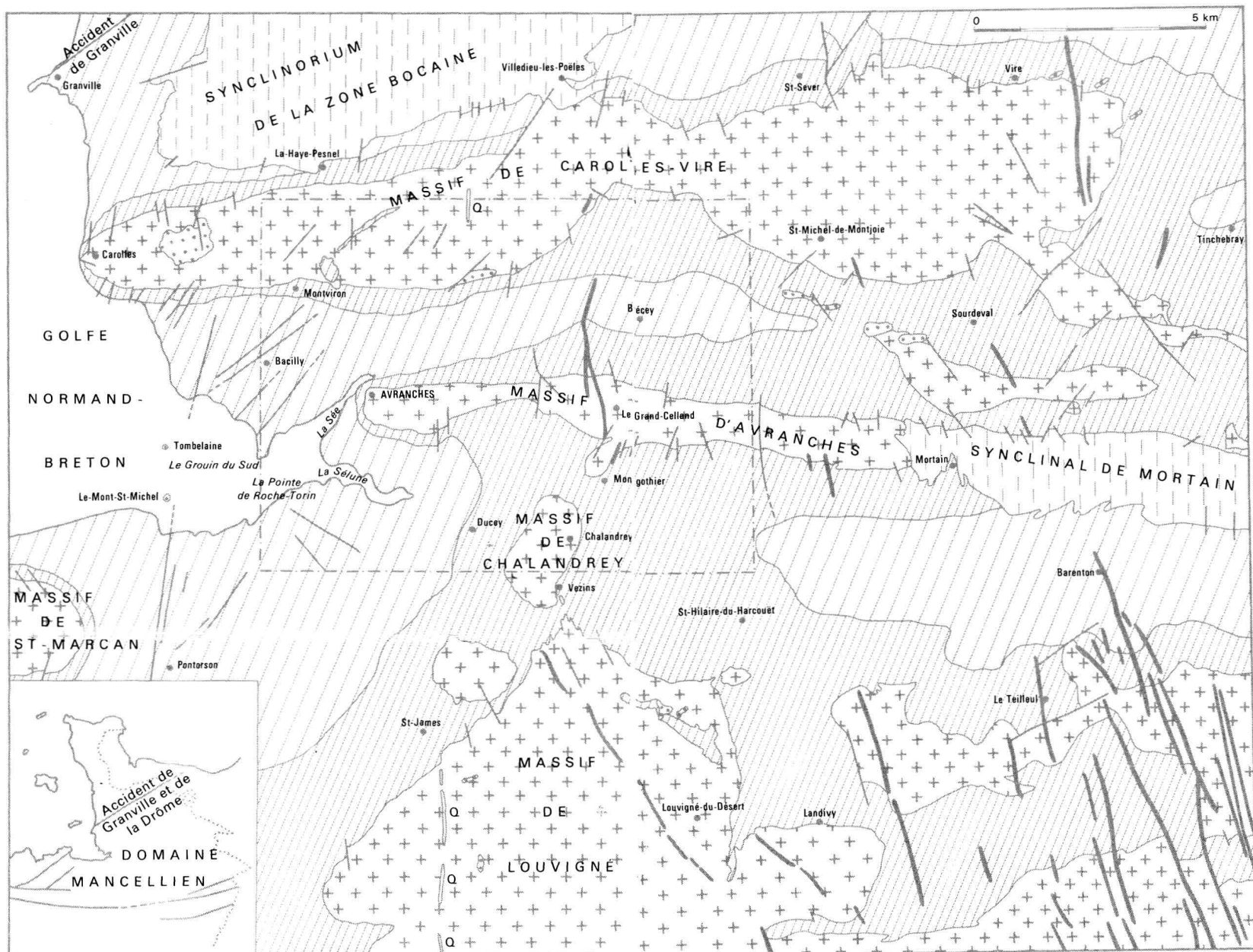


Fig. 1 - Schéma structural de la région d'Avranches

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

TECTONIQUE, METAMORPHISME, MAGMATISME

L'évolution géologique de la région d'Avranches, après le dépôt des sédiments flyschoides du Briovérien supérieur, est marquée par une phase de déformation intense, se traduisant par des plis synmétamorphes et des intrusions granitiques. Il en résulte la constitution d'un socle rigide, affecté par la suite de fractures dont certaines ouvrent la voie à un nouvel épisode magmatique (filons basiques).

Structuration cadomienne

L'orogénèse cadomienne affectant les formations terrigènes du Briovérien supérieur se manifeste par deux types de phénomènes :

- des mouvements plicatifs synschisteux accompagnés d'un métamorphisme général ;
- des intrusions granodioritiques génératrices, au sein de l'encaissant, d'un métamorphisme thermique.

Ces deux phénomènes sont liés génétiquement et l'analyse microstructurale permet d'étudier de quelle façon ils interfèrent dans l'auréole de contact des massifs intrusifs.

Du fait des mauvaises conditions d'affleurement, les structures plissées observables dans le périmètre de la feuille ne sont pas très abondantes ; un certain nombre de charnières sont visibles dans le secteur sud-occidental, mais les petites falaises du Grouin du Sud, un peu en dehors du territoire étudié, en offrent davantage d'exemples. Il s'agit de plis serrés à tendance isoclinale, dont les plans axiaux sont verticaux ou à fort pendage nord-ouest ou sud-est ; leur dispersion axiale est modérée : direction comprise entre N 40° et N 60°, plongement axial faible ou nul.

A ces structures est associée une schistosité plus ou moins pénétrative suivant la nature lithologique des niveaux qu'elle affecte : schistosité de simple fracture dans les arénites, schistosité de flux dans les siltites les plus fines où l'on observe un aplatissement des petits grains détritiques et une orientation générale des cristaux de phyllites *néoformés* (séricite, chlorite) suivant les plans axiaux.

Du fait de la tendance isoclinale des plis, les plans de schistosité, en dehors des zones de charnières, sont subparallèles ou légèrement obliques par rapport aux plans de la stratification originelle bien conservée.

Le style du plissement rend compte du redressement des couches observé systématiquement dans le Briovérien de la feuille, y compris dans l'auréole de métamorphisme thermique ; le stéréogramme présenté (fig. 2a) montre en effet que la plupart des pendages de S_0 mesurés ont des valeurs supérieures à 60°, que la direction moyenne est approximativement N 50° et que la répartition entre pendages nord-ouest et sud-est est à peu près égale. Dans certains cas, des critères sédimentologiques (figures de base de banc, stratifications obliques) ont permis de reconnaître des séquences *inverses*, elles-mêmes penchées soit vers le Sud-Est, soit vers le Nord-Ouest. Ces observations, jointes au fait que les plans de schistosité, orientés en moyenne N 50°, oscillent autour de la verticale (voir stéréogramme de la figure 2b), confirment ce que quelques exemples directs ont montré dans le secteur sud-occidental de la feuille, à

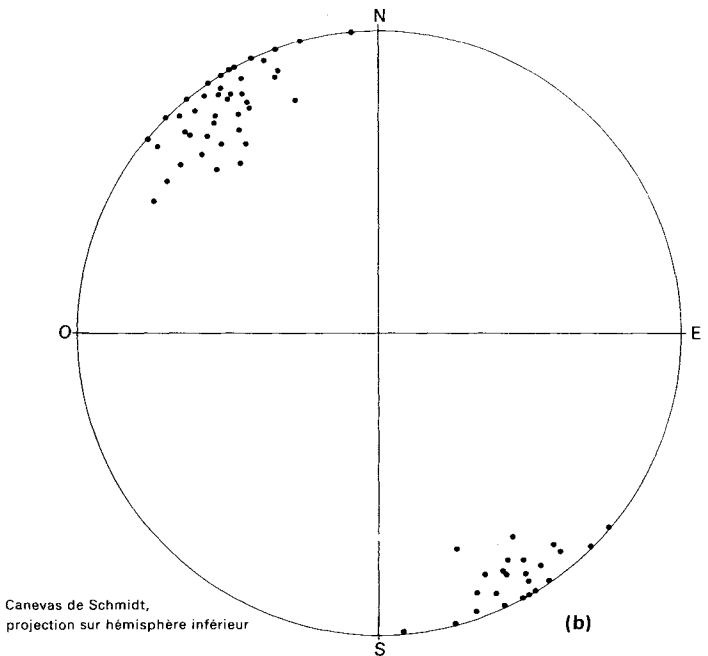
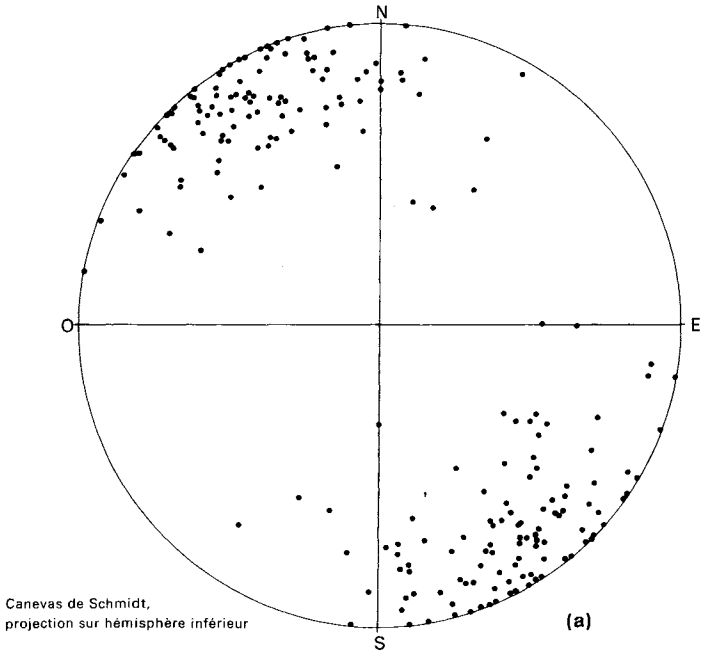


Fig. 2 - Stéréogrammes des pôles des plans de stratification (a) et de schistosité cadomienne (b) relevés dans les terrains briovériens de la feuille

savoir que les plis cadomiens, assez constants en direction, se présentent, dans leur configuration *actuelle*, soit droits, soit indifféremment déversés vers le Nord-Ouest ou vers le Sud-Est. On ne peut donc conclure quant à l'éventuelle vergence originelle des déformations cadomiennes dans la région.

Dans l'auréole de métamorphisme des massifs granitiques la distinction entre schistes tachetés et cornéennes, selon des critères lithologiques, vaut aussi pour la schistosité, qui persiste dans les premiers, alors qu'elle est pratiquement effacée par la recristallisation des secondes. C'est précisément dans les schistes tachetés que s'observent les relations entre la blastèse et la schistosité. Dans la partie la plus interne de l'auréole distale, l'examen microscopique des faciès les plus fins (métasiltite à cordiérite) montre des cristaux de biotite, *non orientés*, d'une certaine de μm , éparpillés dans toute la roche, qui se superposent à la schistosité de flux (matérialisée par la trame orientée de très petites paillettes phylliteuses). Ces biotites (qu'on retrouve en abondance dans les cornéennes) ne peuvent être dues qu'à un effet thermique du magma granitique, lequel est donc postérieur à la schistogenèse. Or cette schistosité apparaît elle-même synchrone ou postérieure à la formation de la cordiérite (minéral lié lui aussi au métamorphisme thermique) :

- en effet dans certains échantillons, au sein des blastes de cordiérite, s'observent des textures hélicitiques attestant le caractère syncinématique de leur croissance ;
- en revanche, dans d'autres échantillons, les plus nombreux, les blastes de cordiérite, dépourvus de reliques de textures orientées, apparaissent nettement moulés par la schistosité, qui tend à les orienter : ils sont certainement anté-schisteux.

Ainsi la déformation et le magmatisme granodioritique paraissent pénécemporains ; un premier flux thermique, engendrant la cordiérite, précède ou accompagne la schistogenèse. Celle-ci est suivie à son tour d'un nouveau flux thermique déterminant une blastèse statique (biotite) et entraînant la recristallisation complète et isotrope des terrains les plus proches de l'intrusif (genèse des *cornéennes*).

Les filons aplitiques, observés aussi bien dans les cornéennes que dans la granodiorite elle-même, représentent une manifestation tardive du magmatisme acide.

Fracturation du socle cadomien

Magmatisme basique

La fracturation du socle cadomien apparaît clairement sur la carte géologique à la faveur des composantes décrochantes des accidents, qui décalent la surface de contact granite—encaissant. Les directions de ces failles oscillent autour de la direction méridienne. Celles-ci sont localement jalonnées de mylonites. Les filons de diabases, également de direction subméridienne, traduisent une distension Est-Ouest du socle qui, dans le cadre de la feuille, n'entraîne pas de rejet horizontal ; cet épisode, anté-hercynien, se situerait chronologiquement vers la limite Dévonien—Dinantien.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Contrairement aux idées habituellement reçues, les formations qui constituent le Massif armoricain, et donc le sous-sol de la feuille Avranches, ne sont pas totalement dépourvues de ressources en eaux souterraines. Celles-ci sont seulement dispersées et les débits unitaires des différents ouvrages sont faibles.

Les *terrains précambriens* ont des comportements hydrogéologiques très variés, suivant leur nature lithologique : les arénites sont d'autant plus aquifères qu'elles sont plus grossières et moins consolidées, tandis que les siltites fournissent généralement des débits insignifiants. Légèrement métamorphisés, les schistes tachetés ont cependant un comportement comparable à celui des roches originelles. Dans la région d'Isigny-le-Buat, ils ont permis d'alimenter une usine à raison de quelque 600 à 800 m³ par jour d'eau souterraine (n° B.S.S. (*) : 8-2).

Le comportement des *cornéennes* est intimement lié à celui des granitoïdes : de nombreux jaugeages de ruisseaux en étiage ont mis en évidence des débits de vidange des nappes parfois fort intéressants, principalement là où l'on rencontre les épaisseurs d'altération ou les recouvrements de lœss les plus importants ; c'est le cas notamment de la Braize à l'aval de Subligny.

Dans les *massifs granitiques*, la zone altérée et arénisée, ainsi que les placages lœssiques, assurent un rôle de réservoir, tandis que le transfert de l'eau est assuré par les fissures. Au passage dans l'aurole de cornéennes, les conditions hydrogéologiques changent brutalement et les débits des ruisseaux varient brusquement dans un sens ou dans un autre à la faveur des modifications de la fracturation du massif rocheux.

Les *formations quaternaires* sableuses sont peu étendues et ne semblent pas présenter d'intérêt particulier.

RESSOURCES MINÉRALES ET CARRIÈRES

Gîtes minéraux

La feuille Avranches est très pauvre en ressources minières ; on ne connaît aucune exploitation ancienne et les rares indices découverts récemment ne présentent pas d'intérêt économique. Trois gîtes alluvionnaires à wolfram, situés vers la limite septentrionale de la feuille, sont archivés à la Banque des données du sous-sol du B.R.G.M. ; ils s'intègrent dans un ensemble de placers mis en évidence par prospection à la batée dans l'ambiance du massif granitique de Carolles—Vire, et davantage développé sur le territoire des feuilles voisines Villedieu-les-Poêles et Vire (J. Guigues et P. Devismes, 1969). L'un d'eux (n° B.S.S. : 2-4001) renferme des traces d'or. Un autre gîte alluvionnaire aurifère (à plus de 1 gramme par mètre cube de sédiment) est signalé par les mêmes auteurs (*ibidem*) à l'Est du massif de Chalandrey, mais sa localisation exacte n'est pas précisée.

Enfin l'indice de cuivre (5-4001), quartz avec mouches de chalcopyrite, mentionné en 1928 par F. Kerforne près de Vains n'a pas été retrouvé.

(*) Numéro d'archivage à la Banque des données du sous-sol (B.R.G.M.).

Carrières

L'activité extractive traditionnelle de la région, production de pierres à bâtir, est aujourd'hui largement supplantée par l'industrie des granulats, destinés essentiellement à la viabilité et à la construction.

grn. Granite. De très nombreuses carrières, aujourd'hui abandonnées, attestent l'activité importante des granitiers au siècle dernier et dans la première moitié du XX^e siècle : citons en particulier celles de Sainte-Pience (du massif de Carolles—Vire), de la Goronnière (n° B.S.S. : 7-1) (dans l'apophyse méridionale du massif d'Avranches), celles du Mont-Jarry et du Tertre (à l'extrémité occidentale de ce même massif), celles de la Batardière (sur la bordure septentrionale du massif de Chalandrey). Il ne subsiste actuellement qu'une seule exploitation, artisanale, vouée à la production de pierres de construction et la fabrication de cheminées, il s'agit de la carrière Lamotte à Saultbesnon près de Plomb (n° B.S.S. : 2-2), d'où l'on extrait un beau granite clair à grain moyen.

Arènes granitiques. Elles ne sont plus exploitées de nos jours mais l'ont été par le passé pour la construction (mortier) et le sablage des chemins (carrières de l'Anglaicherie, près du Grand-Celland, et de la Cour, dans l'angle nord-est de la feuille).

crn, gsch. Cornéennes et schistes tachetés. Les cornéennes sont actuellement exploitées dans deux vastes carrières situées dans l'auréole de métamorphisme au Nord du massif granitique d'Avranches ; leur dureté et leurs excellentes caractéristiques mécaniques permettent la production de granulats divers adaptés aux travaux routiers et à la fabrication des bétons ; la carrière Lainé à Saint-Senier-sous-Avranches (n° B.S.S. : 2-1) produit environ 100 000 tonnes par an de ces matériaux, tandis que celle du Moulin Richard, près du Grand-Celland, en fournit presque 60 000. De nombreuses autres carrières, de dimensions plus modestes, mais aujourd'hui abandonnées, jalonnent les ceintures de cornéennes, qui offrent des réserves potentielles considérables. Également délaissées sont les quelques carrières ouvertes autrefois dans les schistes tachetés et grès associés, notamment à la Grattermondière (à l'Est de Vernix), près de Saint-Laurent-de-Cuves, et à la Plochère (au Nord-Est de Ducey).

cog. Roches schisto-gréseuses et conglomératiques. Quelques carrières furent ouvertes dans ces matériaux, en particulier près du village de Tirepiéd ; la plupart sont abandonnées de nos jours, l'une d'elles toutefois fait encore l'objet d'extractions occasionnelles.

sgr. Alluvions, sables et graviers. Les dépôts alluvionnaires de la basse et de la moyenne terrasse de la Sélune sont exploités au Sud de Ducey ; la carrière de la Touche (n° B.S.S. : 6-2) fournit un tonnage assez réduit de sables et de graviers utilisés presque exclusivement pour la construction. Celles de la Rochequi-boit (carrières Philippe) (n° B.S.S. : 6-1) produisent plus de 70 000 tonnes par an de sables et de graviers triés, calibrés, pour partie lavés, et disposent à ce rythme d'environ 6 ans de réserves.

Dolérites. Dans les zones où elles sont altérées, les dolérites ont été jadis extraites en faibles quantités et utilisées comme amendement carbonaté (*) sur les terrains acides environnants. Une petite carrière ouverte à cet effet existe

(*) Ces roches, riches en CaO, renferment effectivement de la calcite (voir chapitre consacré à la description des terrains).

à quelque 500 mètres à l'Ouest du Grand-Celland. Une autre carrière, toute proche, est actuellement en voie de comblement par des ordures ménagères dans le bois de la Saudraie.

Quartz. Le filon de quartz, figuré près de la limite septentrionale de la feuille, au Nord du bois du Parc, fut exploité au siècle dernier, sur une grande partie de sa longueur (environ 1 000 m) pour la fourniture de matériaux d'empierrement lors de la construction de la route nationale reliant Villedieu-les-Poêles à Avranches.

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).

Dans la région d'Avranches sont représentés plusieurs types de sols qui se différencient avant tout en fonction de la nature du sous-sol et du relief.

Sur la granodiorite se sont formés des sols bruns acides occupés essentiellement par des pâturages dont l'extension n'a laissé subsister que quelques reliques forestières ; celles-ci consistent en des chênaies ou des chênaies-hêtraies (*Quercus sessiliflora* et *Fagus sylvatica*) recélant secondairement des essences telles que *Carpinus betulus* et *Betula verrucosa*. Dans le sous-bois abondent les ronces, les fougères (*Pteridium aquilinum*, *Dryopteris filix-mas*, *Blechnum spicant*, *Scolopendrium officinale*), le houx, "*Oxalis acetosella*", le *Teucrium scorodonia*... La dégradation de cette végétation climacique conduit à la bétulaie acidophile, voire à la lande à bruyères et ajoncs.

Les ceintures de cornéennes possèdent des sols de versant, généralement peu évolués, établis sur les formations de solifluxion et donc très riches en charge caillouteuse. Des forêts (chênaies ou chênaies-charmaies) constituent la plus grande part de la couverture végétale de ces domaines escarpés. En revanche, en sommet de versant, les sols présentent un lessivage assez poussé, souvent accompagné de rubéfaction. Une végétation à tendance franchement acidophile y prospère : *Castanea vulgaris*, *Calluna vulgaris*, *Ulex europaeus*, *Sarothamnus scoparius*, *Deschampsia* (= *Aira*) *flexuosa*, *Pteridium aquilinum*...

Les schistes tachetés et les terrains briovériens exempts de métamorphisme de contact, généralement peu altérés, donnent des sols bruns lessivés, à charge caillouteuse plus ou moins importante. Les formations loessiques, à sols bruns peu lessivés, sont particulièrement propices au travail de la terre.

Dans les zones déprimées, les sols acquièrent fréquemment un caractère hydromorphe pouvant motiver un drainage.

Aux abords de la zone estuarienne se développe une végétation halophile à *Chenopodium*, *Statice*, *Salicornia*, *Atriplex*...

SITES PRÉHISTORIQUES ET HISTORIQUES

L'Avranchin est riche en vestiges préhistoriques. Mais la représentation des différentes époques y est très inégale.

Le Paléolithique n'est pratiquement pas attesté. Pour le Néolithique, on connaît quelques stations de surface ; un seul mégalithe funéraire demeure dans un état à peu près convenable : le dolmen des Trois Piliers au Grand-Celland.

Le nombre de sites attestés se multiplie avec l'Age du Bronze. Avranches, la Godefroy, le Grand-Celland, Notre-Dame-de-Livoye, le Petit-Celland, Saint-Georges-de-Livoye, Saint-Senier-sous-Avranches, Tirepied, le Val-Saint-Père, ont livré des dépôts de l'Age du Bronze (le plus souvent il s'agit d'ensembles du Bronze final III ou de dépôts de haches à douille armoricaines). Pareille densité dénote une occupation assez intense de la région.

A l'Age du Fer, l'Avranchin a dû rester densément peuplé. On sait que la tribu gauloise des Abrincates occupait le pays (la ville d'Avranches leur doit son nom).

Le site le plus spectaculaire de cette époque est l'oppidum du Châtelier au Petit-Celland, qui a été exploré par Sir Mortimer Wheeler et K.-M. Richardson. Couvrant une vingtaine d'hectares, il est limité par des remparts de terre, bordés par des murs de pierre, consolidés par une armature de bois (*murus gallicus*) et précédés par des fossés à profil en V, avec un ensemble complexe de défenses devant les entrées. Les objets retrouvés à l'intérieur du camp laissent supposer qu'il a été édifié au moment de la guerre des Gaules. Vraisemblablement, il s'agit d'une fortification construite par le chef unelle Viridovix en 56 avant notre ère pour y loger l'armée qu'il avait recrutée contre les Romains parmi les tribus armoricaines ; la victoire du général romain Sabinus l'empêcha probablement d'en terminer l'aménagement.

ARCHÉOLOGIE ET ÉLÉMENTS D'HISTOIRE LOCALE (*)

ARCHÉOLOGIE LIÉE AUX DÉPÔTS HOLOCÈNES

Le site d'Avranches, juché à l'extrémité d'un éperon granitique dominant la vallée de la Sée et le fond de la baie, a constitué de tout temps un lieu privilégié pour l'implantation d'une position fortifiée.

Durant la période gallo-romaine une cité importante (*Ingena*) s'y développa. Capitale du pays des Abrincates, elle contrôlait le carrefour de plusieurs voies romaines.

Le rétrécissement de la vallée de la Sélune, dû à l'existence, en rive droite, d'une importante terrasse quaternaire, explique sans doute pourquoi le site de Pontaubault a été jadis utilisé comme gué. C'est probablement en cet endroit que la voie romaine reliant *Alauna* (= Valogne) à *Condate* (= Rennes) franchissait la Sélune comme tendent à le prouver plusieurs trouvailles archéologiques.

(*) Nous remercions M. Ch. Piquois, d'Avranches, qui nous a communiqué plusieurs informations figurant dans cette rubrique.

SITES PRÉHISTORIQUES ET HISTORIQUES

L'Avranchin est riche en vestiges préhistoriques. Mais la représentation des différentes époques y est très inégale.

Le Paléolithique n'est pratiquement pas attesté. Pour le Néolithique, on connaît quelques stations de surface ; un seul mégalithe funéraire demeure dans un état à peu près convenable : le dolmen des Trois Piliers au Grand-Celland.

Le nombre de sites attestés se multiplie avec l'Age du Bronze. Avranches, la Godefroy, le Grand-Celland, Notre-Dame-de-Livoye, le Petit-Celland, Saint-Georges-de-Livoye, Saint-Senier-sous-Avranches, Tirepied, le Val-Saint-Père, ont livré des dépôts de l'Age du Bronze (le plus souvent il s'agit d'ensembles du Bronze final III ou de dépôts de haches à douille armoricaines). Pareille densité dénote une occupation assez intense de la région.

A l'Age du Fer, l'Avranchin a dû rester densément peuplé. On sait que la tribu gauloise des Abrincates occupait le pays (la ville d'Avranches leur doit son nom).

Le site le plus spectaculaire de cette époque est l'oppidum du Châtelier au Petit-Celland, qui a été exploré par Sir Mortimer Wheeler et K.-M. Richardson. Couvrant une vingtaine d'hectares, il est limité par des remparts de terre, bordés par des murs de pierre, consolidés par une armature de bois (*muris gallicus*) et précédés par des fossés à profil en V, avec un ensemble complexe de défenses devant les entrées. Les objets retrouvés à l'intérieur du camp laissent supposer qu'il a été édifié au moment de la guerre des Gaules. Vraisemblablement, il s'agit d'une fortification construite par le chef unelle Viridovix en 56 avant notre ère pour y loger l'armée qu'il avait recrutée contre les Romains parmi les tribus armoricaines ; la victoire du général romain Sabinus l'empêcha probablement d'en terminer l'aménagement.

ARCHÉOLOGIE ET ÉLÉMENTS D'HISTOIRE LOCALE (*)

ARCHÉOLOGIE LIÉE AUX DÉPÔTS HOLOCÈNES

Le site d'Avranches, juché à l'extrémité d'un éperon granitique dominant la vallée de la Sée et le fond de la baie, a constitué de tout temps un lieu privilégié pour l'implantation d'une position fortifiée.

Durant la période gallo-romaine une cité importante (*Ingena*) s'y développa. Capitale du pays des Abrincates, elle contrôlait le carrefour de plusieurs voies romaines.

Le rétrécissement de la vallée de la Sélune, dû à l'existence, en rive droite, d'une importante terrasse quaternaire, explique sans doute pourquoi le site de Pontaubault a été jadis utilisé comme gué. C'est probablement en cet endroit que la voie romaine reliant *Alauna* (= Valogne) à *Condate* (= Rennes) franchissait la Sélune comme tendent à le prouver plusieurs trouvailles archéologiques.

(*) Nous remercions M. Ch. Piquois, d'Avranches, qui nous a communiqué plusieurs informations figurant dans cette rubrique.

En 1844, lors des travaux de modernisation et d'aménagement du pont de pierre primitif, dont la construction remonte, semble-t-il, au règne de Charles VIII, on trouva, sous trois mètres de tange, plus de 300 pièces de monnaies romaines du Haut Empire. Sur ce même site de Pontaubault furent découverts, en 1875, des coins celtiques et des débris de vases dit « de Samos ». Enfin l'ingénieur Mazelier a relaté en 1876 que lors du creusement des excavations pour l'édification des piles du pont de chemin de fer (ligne de Lamballe inaugurée en 1878) deux couches archéologiques superposées furent observées.

La coupe des terrains publiée par P. Lebesconte (1898) est la suivante :

- 0 -2,40 m : tange d'estuaire gris bleuâtre,
- 2,40-3,60 m : sablon gris bleuâtre et sable très fin,
- 3,60-4,77 m : sable gris bleuâtre à gros quartz fluviatiles et petits éléments schisteux remaniés mêlés à des débris de tests de buccin (= matériaux fluviatiles remaniés à la faveur d'une transgression marine). Horizon contenant des objets en bronze dont une pique d'étendard et l'extrémité d'une flèche de char (datée de l'époque franque),

N.B. La partie inférieure de ce niveau contient des débris de plantes et ne semble pas avoir été remaniée, c'est apparemment dans cette couche qu'ont été trouvées des pièces romaines.

- 4,77 à 4,88 m : niveau de tourbe,
- 4,88 à 6,53 m : argile sableuse verdâtre (dépôt palustre).

J.-P. Lautridou (cf. M. Clet *et alii*, 1981), en effectuant des forages et des excavations auprès des piles du pont de la voie ferrée, a retrouvé les niveaux décrits dans la coupe précédente. Il existe bien « un niveau de sables marins ayant démantelé une tourbe à souches d'arbres [dénomination locale de « Coërons »] contenant des débris de briques romaines... ». Suivant ce même auteur, « nous tenons là une tourbe boisée de l'époque romaine et la transgression marine du Dunkerquien II qui l'a érodée ».

Il est couramment admis que, faisant suite à l'épisode de bas-niveau romain, le niveau de la mer a commencé à remonter par étapes à partir du V^e siècle. Les objets de facture franque (se situant entre la deuxième moitié du V^e siècle et la fin du IX^e siècle p. C.), trouvés dans l'horizon de sable marin, confirment les données géologiques. Quant aux modifications intervenues dans la baie aux abords du Mont-Saint-Michel en 709 et assimilées autrefois par certains auteurs aux conséquences d'un raz de marée (*) responsable de la destruction de la forêt de Scissy, on s'accorde aujourd'hui à n'y voir qu'une péripétie de faible importance, liée aux érosions du schorre, parfois très spectaculaires dans la baie, ou à des effets de très fortes marées. En effet, on ne connaît pas dans d'autres régions du littoral européen de mouvements fortement transgressifs datés de cette époque, et par ailleurs aucune tourbe qui aurait pu être transgressée alors par la mer n'a été datée de la fin du VII^e siècle.

(*) Cf. *infra* la rubrique « raz de marée ».

ÉLÉMENTS D'HISTOIRE LOCALE

Les raz de marée

Classiquement on distingue deux types de raz de marée : les *ondes solitaires océaniques* (ou *tsunami*), qui ont généralement pour cause des séismes sous-marins, et les *ondes de tempête*, qui sont des oscillations du niveau moyen des mers, se produisant sous l'effet de vents violents ; leur amplitude peut atteindre parfois plusieurs mètres.

Pour ce qui concerne le premier type, rappelons qu'il existe un épicycle au voisinage des îles anglo-normandes et qu'à plusieurs reprises des élévations subites du niveau de la mer dans le golfe normand-breton sont demeurées inexplicables (notamment en 1716 et 1725). Cependant la probabilité de voir se conjuguer un tel phénomène avec la phase d'étalement d'une marée de vive-eau, ce qui pourrait avoir des conséquences catastrophiques, est quasiment nulle.

Le deuxième type de raz de marée, qui est dû à la conjonction d'une onde de tempête et de la phase d'étalement d'une marée de fort coefficient, est plus à craindre dans la baie du Mont-Saint-Michel, en particulier aux périodes d'équinoxe.

Les derniers raz de marée importants de ce type datent de 1735 et de 1817. Dans le premier cas, tous les marais bordant la baie furent submergés. Lors de l'autre raz de marée, le bourg de Pont-Gilbert fut complètement investi et l'élévation supplémentaire des eaux fut telle (+ 4,8 m suivant F. Manet, 1829) que les bâtiments de l'hospice d'Avranches furent atteints.

Ajoutons que les agressions marines furent nombreuses dans la baie entre le VI^e et le XIII^e siècle (Vicomte de Potiche, 1891). Elles correspondent à la phase de transgression du haut Moyen-Age (Dunkerquien).

C'est le souvenir de cette période d'agressions marines successives, ainsi que la vue des « coërons » dégagés parfois sur les estrans là où la mer érodait des niveaux de tanguerie anciens, qui ont accrédité la légende d'un raz de marée responsable de la destruction, en 709, d'une forêt, dite de Scissy, couvrant auparavant une grande partie de la baie.

Les anciennes salines

Leur origine est antérieure à la conquête normande et se perd dans la nuit des temps.

En 1789, le pays avranchin en comptait 225 sur son territoire. En 1840, on dénombrait encore 307 salines sur les rives de l'ensemble de la baie.

Dans l'emprise de la carte à 1/50 000 Avranches, les salines étaient situées sur la rive droite de la Sée depuis Marcey-les-Grèves jusqu'au havre de Gisors (83 salines) et à Bouillé (21) sur la rive opposée. Dans le val de Sélune des salines existaient dans l'anse de la Maraîcherie (9), dans celle de Céaux (14), ainsi qu'en bordure de Courtils à l'Ouest de la Roche Torin.

Les procédés d'obtention du sel, très différents de ceux pratiqués dans les marais salants, étaient propres à la Basse-Normandie. En été, à la suite de marées de vive-eau, un temps ensoleillé favorisant l'évaporation provoquait l'apparition de fins cristaux de sel à la surface des tangues dépourvues de végétation ; ce sont ces efflorescences superficielles de sel que les sauniers raclaient. Les sablons obtenus ainsi étaient ensuite « lavés » pour obtenir des saumures. On faisait bouillir ces dernières à grand renfort de fagots de bois jusqu'à obtention du sel par cristallisation.

Eu égard aux difficultés et au coût de cette pratique d'obtention du « sel ignifer », la Basse-Normandie bénéficiait d'un régime allégé de la gabelle. Cet impôt était réduit au quart de la production (régime dit du « quart-bouillon »). Ces dispositions privilégiées permettaient aux sauniers normands de résister à la concurrence du sel des marais salants vendéens et bretons. L'abolition du régime particulier de Basse-Normandie en 1639 par Richelieu provoqua la révolte des Va-nu-pieds qui fut réprimée sauvagement, mais amena le roi Louis XIII à rétablir le « quart-bouillon ».

A la révolution française, la suppression de la gabelle (1790) rendit à nouveau la situation désavantageuse pour les salines de Normandie, soumises à la concurrence du sel breton. Malgré quelques nouvelles dispositions favorables, les salines périclitèrent et cette industrie artisanale fut supprimée en 1865, au début des grandes entreprises de poldérisation affectant la vallée du Couesnon.

Les anciennes exploitations de tangues

Dans un pays dont le substrat rocheux est dépourvu de roches carbonatées, les tangues accumulées dans les estuaires et le long des rives de la baie ont constitué pendant des siècles un amendement de choix, susceptible d'enrichir les sols non seulement en carbonates mais également en de nombreux oligo-éléments d'origine marine.

Les tangues étaient extraites en bordure des rivières (tanguières), au débouché dans les grèves de certains chemins. Cette pratique ancestrale a toujours été libre de toute redevance par le passé, pourvu que la tange prélevée fût destinée à l'agriculture. Suivant les statistiques établies par J.-I. Pierre en 1853, le volume de tange extrait annuellement dans la baie, à cette époque, oscillait autour de 500 000 m³. Si l'on rapporte ce chiffre à l'estimation établie par le Laboratoire central d'hydraulique de France (1975) d'un volume d'environ un million de mètres cubes de sédiments excédentaires (sables + tangues) s'accumulant chaque année dans la baie, on s'aperçoit que l'exploitation ancestrale de la tange a fortement contribué à retarder les processus de colmatage dans la baie (A. L'Homer, 1971).

L'introduction, au début du XX^e siècle, dans l'agriculture locale, des engrais chimiques, aisément distribués par le réseau de voies ferrées, a entraîné une régression rapide des extractions de tange qui n'est plus exploitée que sporadiquement de nos jours (il existe encore une tanguière à Pontaubault).

Les terrains conquis sur le domaine maritime

C'est surtout plus à l'Ouest, au-delà de la pointe de Roche Torin que les entreprises de conquête ont été les plus spectaculaires. Cependant, tout au long des estuaires de la Sée et de la Sélune, des terrains autrefois recouverts par les eaux des marées de plus fort coefficient ont été annexées au domaine continental.

Au siècle dernier des syndicats furent constitués pour conquérir des zones marécageuses jusqu'alors recouvertes par les marées de très haut niveau. Ce sont, pour la vallée de la Sée, les syndicats de Vergon et Marcey (1820), des bas-fonds de Vains (1822), de la Braize (1848), du Poulet (1859). Dans la vallée de la Sélune, il s'agit du syndicat des marais de Céaux et Courtils (1843). Des tentatives de poldérisation eurent lieu au XIX^e siècle dans l'anse de la Maraîchérie mais échouèrent sous l'action érosive des courants de jusant.

La construction de plusieurs ponts et passerelles à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle en stabilisant les cours des rivières ont eu pour effet de

favoriser le colmatage des grèves en amont de ces ouvrages. Petit à petit les vieux schorres qui n'étaient plus recouverts qu'exceptionnellement par les eaux des marées ont été enclos (anciens schorres de Marcey, de Pont-Gilbert et en amont de Pontaubault). Seules certaines zones de prairies dont les cotes sont restées basses (probablement par effet de tassement de tourbes sous-jacentes) sont encore submergées par les eaux de marées d'équinoxe ou celles des crues des rivières.

La digue de Roche Torin

Le tronçon oriental conservé de cet ouvrage figure sur la carte Avranches ; nous rappelons brièvement l'histoire de cette digue (A. L'Homer, 1984). Son édification débuta à la fin de 1858 depuis la pointe de Roche Torin d'où était extraite la pierre nécessaire. Elle fut entreprise d'abord pour faire obstacle aux rivières dont les cours ravageaient alors le littoral sud de la baie, mais aussi pour permettre l'établissement d'un polder sur les grèves situées à l'Est du Mont-Saint-Michel, conformément aux clauses de la concession octroyée par l'État en 1856 à la Société Mosselman et Donon.

Si l'on parvint bien dans un premier temps à couper la route vers le Sud aux rivières Sée et Sélune réunies, par contre les difficultés s'accrurent au fur et à mesure qu'on progressait dans les grèves. Devenant trop onéreuse, l'opération fut abandonnée en 1861, alors que 4 000 mètres de digue avaient été construits. En 1867, la Société Mosselman demanda à être relevée de ses obligations et renonça en contrepartie aux 1 115 hectares de grèves situées à l'Est du Mont. Les travaux furent repris sous la direction des Ponts-et-Chaussées puis définitivement abandonnés au début de 1869.

La digue n'atteignait alors que 4 900 m sur les 6 300 m qui séparent la Roche Torin du Mont-Saint-Michel. Cet échec évita l'établissement d'un polder qui aurait compromis irrémédiablement le caractère maritime du site.

De grands aménagements furent réalisés aux abords du Mont à la fin du XIX^e siècle : construction de la digue routière (1879), détournement des ruisseaux débouchant dans les grèves à l'Est du Mont, réalisé par le syndicat des polders du Sud-Est de la baie de 1879 à 1884. Le canal créé à cette époque (nouvelle Guintre) rejette les eaux de ces ruisseaux immédiatement à l'Est de la pointe de Roche Torin. En réaction à ces aménagements, une forte sédimentation en arrière de la digue submersible de Roche Torin et un vaste schorre ne tarda pas à s'y développer, excitant les convoitises. De nouveaux projets de poldérisation virent le jour, mais, en 1908, l'État finit par s'interdire toute conquête dans le Sud-Est de la baie.

Dès 1891, et jusqu'en 1939, des relevés du niveau des grèves et des limites d'herbus furent régulièrement effectués par les Ponts-et-Chaussées (A. Lecoq, 1913 et 1939).

Pour la première fois, en 1910, le Conseil général de la Manche demanda la suppression d'une partie de l'ouvrage.

Malgré les incursions périodiques des rivières vers le Sud, les herbus continuèrent de progresser aussi bien à l'Ouest qu'à l'Est du Mont-Saint-Michel. A la demande de l'État, à partir de 1972, le Laboratoire central d'hydraulique de France (L.C.H.F.) entreprit des études sur les processus de sédimentation dans la baie, d'abord sur le terrain puis sur modèle analogique. Les conclusions de ces études prévoyaient la destruction de la plus grande partie de la digue de Roche Torin, le tronçon des 500 premiers mètres devant seul être conservé.

Après la remise du rapport d'étude d'impact, rendu public en janvier 1982, le chantier de destruction de cet ouvrage a débuté le 24 juin 1983 et doit prendre fin en août 1984.

Pour se prémunir contre une invasion par trop importante des herbues en bordure de Courtils, on a réalisé une digue de protection, enterrée et alignée suivant un axe reliant l'extrémité de la digue conservée à l'angle oriental du polder de Saint-Avit.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

Dans le *Guide géologique régional : Normandie* par F. Doré et collaborateurs, l'itinéraire n° 6 (de Coutances au Mont-Saint-Michel) comporte un certain nombre d'informations relatives au secteur occidental de la feuille.

COUPES RÉSUMÉES DE QUELQUES SONDAGES

N° B.S.S.	Commune Lieu-dit	Nature et objet de l'ouvrage	Date d'exé- cution	Prof.	Terrains traversés	Cote du sol	Cote/profondeur piézométrique du plan d'eau et date
4-18	Reffuveille les Chevrils	* Recherche eau	Août 82	52 m	0-7 m : argiles de couleur ocre (couche d'altération). 7-10 m : schistes altérés (argileux, rougeâtres) : cornéennes. 10-22 m : schistes et schistes gréseux altérés jaunes (cornéennes). Passée de quartz à 15,50 m. 22-46 m : schistes gris-bleu dominants (cornéenne), niveau argileux (faille ?) de 40,50 à 41 m. 46-52 m : schistes rougeâtres (cornéenne l altérée).	+ 190	
5-2	Courtils Bas-Courtils la Basse	* Sondage tarière Reconnaissance des formations super- ficielles quaternaires	Mars 78	10 m	0,00 : Quaternaire. Remblai. 1,00 m : Holocène, plage : tange grise silto-sableuse, puis gris foncé sableuse, humide. 6,50 m : Holocène, plage : limon gris-noir tourbeux. 7,00 m : Holocène, plage : sable fin tourbeux, noirâtre. 8,70 m : Würm, colluvions : sable vert grossier (quelques débris de schistes et quartz sub-émoussés). 9,50 m : Briovérien : schistes vert-jaune, altérés. 10,00 m : fin.	+ 9	
5-4	Céaux ferme Polders St-Michel	* Sondage tarière Reconnaissance des formations super- ficielles quaternaires	Mars 78	6 m	0,00 : Holocène. Tange silto-sableuse, puis argileuse vers 2 m. 4,50 m : Holocène. Tourbe limoneuse puis limono-sableuse. 5,00 m : Briovérien. Argile d'altération des schistes. 5,50 m : Briovérien. Schistes pulvérulents gris-vert. 6,60 m : Fin.	+ 8	
5-5	Céaux	* Idem précédent	Mars 78	4,50 m	0,00 : Holocène, plage. Tange grise. 2,00 m : Holocène, plage. Tange argileuse, grise à Mollusques. 3,00 m : Holocène, plage. Tourbe. 3,40 m : Holocène, plage. Limon tourbeux gris-brun. 3,80 m : Holocène, plage. Sable tourbeux. 4,50 m : Briovérien, Schiste bleu-vert pulvérulent. Fin.	+ 8	
5-6	Céaux Polders St-Michel	* Idem précédent	Mars 78	7,20 m	0,00 : Holocène, plage. Vase (tange). 1,50 m : Holocène, plage. Tange à lits argileux. 2,00 m : Holocène, plage. Tange assez sableuse à Mollusques. 2,70 m : Holocène, plage. Limon argileux gris foncé tourbeux. 3,30 m : Holocène, plage. Tange assez peu sableuse. 3,70 m : Holocène, plage. Limon tourbeux, brun clair, calcaire, à organismes. 5,70 m : Würm. Dune. Sable gris-brun, moyen (éolien). 6,80 m : Briovérien. Schistes altérés verdâtres. 7,20 m : Fin. Briovérien. Schistes altérés vert clair.	+ 8	
6-4	Val St-Père Rive droite Sélune Viaduc nord	* Idem précédent	Mars 78	9,80 m	0,00 : Flandrien. Tange grise, sableuse vers la base. 3,80 m : Flandrien. Sable grossier gris-noir à Mollusques et bois. 4,20 m : Holocène. Sable gris-vert graveleux, avec 2 dépôts limoneux gris, puis jaunâtres graveleux un peu micacés. 8,20 m : Würm. Sables gris-jaune grossiers et cailloux (Qz, schistes < 5 cm ± émoussés ; 1 granite altéré \geq 10 cm). 9,80 m : Briovérien. Schiste altéré jaune. 10,00 m : Fin.	+ 8	

COUPES RÉSUMÉES DE QUELQUES SONDAGES

N° B.S.S.	Commune Lieu-dit	Nature et objet de l'ouvrage	Date d'exé- cution	Prof.	Terrains traversés	Cote du sol	Cote/profondeur piézométrique du plan d'eau et date
6-5	Ducey la Prairie	* Sondage pour recher- che eau dans les alluvions quaternaires	Déc. 61	7 m	0,00 : limon argileux ocre. 1,50 m : argile sableuse brune. 3,50 m : sable avec galets de schistes métamorphi- ques. 6,00 m : argile gris-bleu, d'altération des schistes briovériens. 7,00 m : Fin.	+ 10	+ 8,50 m/1,50 m Déc. 61
6-10	Ducey la Prairie	* Sondage pour recher- che eau dans les alluvions quaternaires	Déc. 61	9,50 m	0,00 : terre végétale. 1,50 m : argile sableuse et galets. 3,00 m : sable avec galets de granites, Qz et schistes tachetés. 8,00 m : argile grise, d'altération des schistes briovériens. 9,50 m : Fin.	+ 10	+ 9,50 m/0,50 m Déc. 61
6-26	Poilley	* Sondage tarière pour reconnaissance des for- mations super- ficielles quaternaires	Mars 78	6,00 m	0,00 : tangué. 1,20 m : tourbe avec bois. 1,40 m : limon non calcaire, avec débris de bois, micacé et brunâtre vers le haut, limon argileux vers le bas. 5,00 m : cailloux subémoussés < 4 cm, et sable gris. 6,00 m : schistes durs. Fin.	+ 8,5	
6-33	Avranches Abattoirs municipaux	* Forage exploitation eau industrielle	Nov. 81	80 m	0,00 : remblais et sol argileux 8,00 m : granite altéré jaune. 17,00 m : granite bleu. 80,00 m : Fin.	+ 77	+ 74,50 m/2,50 m Janv. 82
8-2	Isigny-le-Buat le Bois Richard	* Forage exploitation eau industrielle (usine Besnier)	Août 78	101 m	0,00 : limon brun-ocre. 3,00 m : Briovérien (jusqu'à 101 m) : schistes tachetés altérés puis tendres. 17,00 m : alternance schisto-gréseuse. 19,00 m : grès fins, gris-bleu avec : — quartz présent (22-24 m), abondant (34-43 m), — niveaux schisteux (28-34 m, et 68 m). 75,00 m : alternances schisto-gréseuses. 101 m : Fin.	+ 107,50	+ 101,90 m/5,60 m Août 78
8-36	Reffuveille la Bruyère Voisin (château d'eau)	* Recherche eau pour AEP	Sept. 82	43 m	0,00 : argile d'altération. 10,0 m : granite altéré. 19,00 m : granite sain, gris puis gris-bleu. 43,00 m : Fin.	+ 235	

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS C.-J.-D. — A geochronological and related isotopic study of rocks from north-western France and the Channel Islands. Oxford, thèse.
- AUTRAN A., BEURRIER M., CALVEZ J.-Y., COCHERIE A., FOUILLAC A.-M. et ROSSI P. (1983) — Caractérisation des granitoïdes du batholite mancellien, implications métallogéniques. Colloque A.T.P. Géochimie-Métallogénie, Bonas, 16-17 juin 1983, p. 20-35.
- BAMBIER A., BEURRIER M., DORÉ F., ENOUF C., KUNTZ G., LANGEVIN C., LAUTRIDOU J.-P., RIOULT M., VERRON G. et VILLEY M. (1982) — Notice explicative de la feuille Flers-de-l'Orne à 1/50 000. B.R.G.M., Service géologique national, 44 p.
- BIGOT A. (1905) — Sur l'âge du granite de Vire. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 141, p. 739-740.
- BIGOT A. (1928) — Notice explicative de la carte géologique de la France à 1/80 000, feuille Coutances (n° 44), 2^e éd.
- BIGOT A. (1935) — Géologie des arrondissements d'Avranches et de Mortain. *Ann. cinq départ. Norm.*, 103^e ann., Avranches.
- BONISSENT M. (1870) — Essai géologique sur le département de la Manche. *Mémoire Soc. Sc. nat. de Cherbourg et d'Avranches*, Cherbourg, 430 p.
- CALINE B., LARSONNEUR C. et L'HOMER A. (1982) — La baie du Mont-Saint-Michel : principaux environnements sédimentaires. *Mém. géol. Univ. Dijon*, 7, Livre jubilaire Gabriel Lucas, p. 37-51.
- CARRON J.-P., DUJON S.-C. et JONIN M. (1978) — A propos des enclaves de la granodiorite de Vire : quelques indications préliminaires sur l'évolution des propriétés physiques des magmas granitiques au cours de leur cristallisation. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, t. XX, p. 739-744.
- 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. *Bull. B.R.G.M.*, (2), 1, p. 3-18.
- CHAURIS L. (1956) — Sur les relations du Cambrien et du granite de Vire (Normandie). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 242, p. 3092-3094.
- CHAURIS L., DANGEARD L., GRAINDOR M.-J. et de LAPPARENT A.-F. (1956) — Les principaux batholithes granitiques du bocage normand sont antérieurs à la transgression cambrienne. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 243, p. 77-79.

- CHAURIS L. et JONIN M. (1978) — Introduction à la métallogénie cadomienne (Protérozoïque supérieur) dans un massif hercynien : le domaine normano-breton en Armorique (France). *Bull. Soc. linnéenne Norm.*, 106, p. 35-48.
- CHAUVEL J.-J. et MANSUY C. (1980) — Le Protérozoïque du Massif armoricain (France) : données micropaléontologiques actuelles. *Precambrian Research*, 15, p. 25-42.
- CHOUBERT G. et FAURE-MURET A. (1980) — The Precambrian in north peritlantic and south Mediterranean zones ; the Armorican Massif : a new interpretation. In : The Precambrian in mobile zones, special issue of the *Earth-Science Reviews*, vol. 16, n° 2/3, p. 140-154.
- CHOUBERT G., FAURE-MURET A. et TIMOFEIEV B.-V. (1982) — L'âge des tillites (tilloïdes) de Granville (Normandie). 9^e réün. ann. Sc. Terre, p. 139.
- CLET M., PELLERIN J., LAUTRIDOU J.-P. et DELIBRIAS G. (1981) — Les formations holocènes et pléistocènes de la partie orientale de la baie du Mont-Saint-Michel. *Bull. Soc. linnéenne Norm.*, 109, p. 3-20.
- COGNÉ J. (1962) — Le Briovérien : esquisse des caractères stratigraphiques, métamorphiques, structuraux et paléogographiques de l'Antécambrien récent dans le Massif armoricain. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, t. IV, p. 413-430.
- COGNÉ J. (1970) — Le Briovérien et le cycle orogénique cadomien dans le cadre des orogènes fini-précambriens. Colloque int. CNRS (Rabat), *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 236, p. 193-218.
- COGNÉ J. (1974) — Le Massif armoricain. In : J. Debelmas, Géologie de la France. 1, Vieux massifs et grands bassins sédimentaires, p. 105-161, Paris, Doin éd.
- COGNÉ J. *et alii* (1980) — Notice explicative de la feuille Saint-Cast à 1/50 000. B.R.G.M., Service géologique national, 41 p.
- COGNÉ J. et WRIGHT A.-E. (1980) — L'orogène cadomien ; vers un essai d'interprétation paléogéodynamique unitaire des phénomènes orogéniques fini-précambriens d'Europe moyenne et occidentale, et leur signification à l'origine de la croûte et du mobilisme varisque puis alpin. Colloque C 6, 26^e congr. géol. intern., p. 29-55.
- CORBIÈRE L. (1894) — Nouvelle flore de Normandie. Caen, 716 p.
- DADET P., BEURRIER M. et LAUTRIDOU J.-P. (1984) — Notice explicative de la feuille Saint-Hilaire-du-Harcouët à 1/50 000. B.R.G.M., Service géologique national, 24 p.
- DANGEARD L. (1951) — La Normandie. Hermann éd., Paris, 84 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. dynam.*, vol. IV, p. 251-261.

- DORÉ F., LE GALL J. (1979) — La Mancellia : ses granitisations cadomiennes, son volcanisme acide post-orogénique. *Bull. Soc. géol. min. Bretagne*, sér. C., t. XI, 1-2, p. 57-59.
- DORÉ F., DUPRET L. (1979) — Le Protérozoïque supérieur (Briovérien) et le Paléozoïque inférieur du Massif armoricain nord-oriental (Normandie). *Bull. Soc. géol. min. Bretagne*, sér. C., t. XI, 1-2, p. 52-56.
- DORÉ F., JUIGNET P., LARSONNEUR C., PAREYN C. et RIOULT M. (1977) — « Normandie ». Collection des Guides géologiques régionaux, sous la direction de Ch. Pomerol, Masson, Paris, 207 p.
- DOTT R.-H. (1964) — Wacke, graywacke and matrix. What approach to immature sandstone classification? *Journ. sediment, petrol.*, 34, 3, p. 625-632.
- DUPRET L. (1974) — Relations structurales entre les formations briovériennes de la région de Granville-Saint-Pair (Massif armoricain). Thèse doct. 3^e cycle, Univ. Caen, 125 p.
- DUPRET L. (1984) — The Proterozoic of northeastern armoricain massif. In *Precambrian in younger fold belts*, éd. V. Zoubeck, (à paraître).
- FEREY J.-P. (1980) — Interprétation des données de sondage sur la baie du Mont-Saint-Michel. Diplôme École des Mines, Paris, option Sciences de la Terre, 77 p., non publié.
- GIRESSSE P. (1969) — Essai de sédimentologie comparée des milieux fluvio-marins du Gabon, de la Catalogne et du Sud-Cotentin. Thèse Caen, p. 730, ronéot.
- GIRESSSE P. et LAUTRIDOU J.-P. (1973) — Les formations quaternaires du littoral du golfe normand-breton entre Coutainville et Avranches. *Bull. A.F.E.Q.*, 2, p. 89-101.
- GRAINDOR M.-J. (1954) — Note préliminaire sur la glaciation infra-cambrienne dans le Massif armoricain. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6, t. IV, p. 17-24.
- GRAINDOR M.-J. (1957) — Le Briovérien dans le Nord-Est du Massif armoricain. *Mém. Serv. Carte géol. France*, 211 p.
- GRAINDOR M.-J. (1962) — Définition du Briovérien *sensu stricto*. *Bull. Soc. linnéenne Norm.*, (10), 3, p. 88-91.
- GRAINDOR M.-J. (1964) — Les tillites anté-cambriennes de Normandie. *Geol. Rundsch.*, 54, p. 61-82.
- GRAINDOR M.-J. (1965) — Plissements assyntiens, baïkaliens, cadomiens. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, t. VII, p. 93-101.
- GRAINDOR M.-J. (1967) — Notice explicative de la carte géologique de la France à 1/80 000, feuille Coutances (n° 44), 3^e éd., 8 p., Service de la Carte géologique.

- GRAINDOR M.-J. (1967) — L'axe granitique Avranches—Mortain—Alençon. *Bull. Soc. linnéenne Norm.*, (10), 8, p. 25-37.
- GRAINDOR M.-J. et ROBLLOT M.-M. (1970) — Notice explicative de la carte géologique de la France à 1/80 000, feuille Avranches (n° 61), 3^e éd., 7 p., B.R.G.M.
- GRAINDOR M.-J. et WASSERBURG G.-J. (1962) — Détermination d'âges absolus dans le Nord du Massif armoricain. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 254, p. 3875-3877.
- GUIGUES J. et DEVISMES P. (1969) — La prospection minière à la batée dans le Massif armoricain. *Mém. B.R.G.M.*, n° 71, 172 p.
- HÉBERT E. (1886) — Phyllades de Saint-Lô et conglomérats pourprés dans le Nord-Ouest de la France. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3, t. XIV, p. 713-774.
- HIDAKA T. (1960) — Formes et sédiments fluviaux et littoraux dans la basse-Sélune. *Bull. Geog. Survey*, Instit. Ministry of Construction, Japan, p. 23-71.
- 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, p. 281-284.
- JONIN M. (1981) — Un batholite fini-précambrien : le batholite mancellien (Massif armoricain, France) ; étude pétrographique et géochimique. Thèse doct. ès-sciences, Univ. Bret. occ. (Brest), 319 p.
- JONIN M. et VIDAL P. (1975) — Étude géochronologique des granitoïdes de la Mancellia (Massif armoricain, France). *Journal canadien des Sciences de la Terre*, vol. 12, n° 6, p. 920-927.
- JOURNAUX A. (1953) — Phénomènes de sédimentation dans le Bassin de la Sélune. *Bull. Ass. Géogr. Fr.*, p. 4-18.
- KAPLAN G. et LEUTWEIN F. (1963) — Contribution à l'étude géochronologique du massif granitique de Vire (Normandie). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 256, p. 2006-2008.
- KLEIN C. (1963) — La phase « normande » et la phase « angevine » de l'orogénèse cadomienne. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 256, p. 2196-2198.
- KLEIN C. (1975) — Massif armoricain et Bassin parisien. Contribution à l'étude géologique et géomorphologique d'un massif ancien et de ses enveloppes sédimentaires. *Ass. des publ. Univ. Strasbourg*, 822 p., cartes.
- LABORATOIRE CENTRAL D'HYDRAULIQUE DE FRANCE (1971 et 1977) — La baie du Mont-Saint-Michel : études sédimentologiques et hydrologiques. Rapports inédits, Maisons-Alfort.
- LAMEYRE J. (1966) — Leucogranites et muscovitisation dans le Massif Central français. *Ann. Fac. Sc. Univ. Clermont-Ferrand*, 29, 264 p.

- LAOUENAN J.-P. (1983) — Les leucogranites de la marge nord de la Manche (Massif armoricain) dans leur cadre structural. Thèse 3^e cycle, Univ. Caen, 185 p.
- LAPPARENT A. (1877) — Sur le granite du Mont-Saint-Michel et sur l'âge du granite de Vire. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3, t. VI, p. 143-147.
- LARSONNEUR C. et coll. (1982) — La baie du Mont-Saint-Michel : un modèle de sédimentation en zone tempérée. Guide de l'Association des sédimentologues français pour l'excursion des 15, 16, 17 et 18 septembre 1982, 77 p. Annexe : commentaires sédimentologiques sur le Tronc estuarien par A. L'Homer, 14 p.
- LAUTRIDOU J.-P. et GIRESSE P. (1981) — Genèse et signification paléoclimatique des limons à doublets de Normandie. *Biuletyn Periglacialny*, Łódź, n° 28, p. 149-161.
- LAUTRIDOU J.-P. et SOMMÉ J. (1981) — L'extension des niveaux-repères périglaciaires à grandes fentes de gel de la stratigraphie du Pléistocène récent dans la France du Nord-Ouest. *Biuletyn Periglacialny*, Łódź, n° 28, p. 179-185.
- LEBESCONTE P. (1898) — Périodes géologiques gallo-romaine et franque. Leurs relations avec le Quaternaire, le Pliocène et l'époque moderne. *B.S.S.M.O.*, t. 7, p. 354-405.
- LECOQ A. (1913) — Étude des mouvements des grèves dans la baie du Mont-Saint-Michel. *A.P.C.*, 9^e série, t. 13, 1^{re} partie, p. 92-111.
- LECORNU L. (1884) — Notice explicative de la carte géologique de la France à 1/80 000, feuille Coutances (n° 44), 1^{re} éd.
- LE CORRE C. (1977) — Le Briovérien de Bretagne centrale : essai de synthèse lithologique et structurale. *Bull. B.R.G.M.*, sect. 1, p. 219-254.
- LE CORRE C. (1979) — L'évolution typologique et texturale des roches argilo-silteuses au cours de la schistogenèse. Notion de trajectoire de fabrication. *Bull. Minéral.*, 102, p. 273-281.
- LE RHUN J. (1982) — Étude physique de la baie du Mont-Saint-Michel. Thèse Univ. Paris I, 243 p.
- LEUTWEIN F., SONET J., ZIMMERMANN J.-L. (1972) — Dykes basiques du Massif armoricain septentrional. Contribution à leur étude géochronologique. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 275, p. 1327-1330.
- L'HOMER A. (1971) — Les tangles menacent le Mont-Saint-Michel. *La Manche Libre*, 25 avril 1971, p. 4.
- L'HOMER A. (1981) — Bilan de sédimentation-érosion en baie du Mont-Saint-Michel depuis 1857. Séminaire national sur « la gestion régionale des sédiments ». *Documents du B.R.G.M.*, n° 30, p. 245-252.
- L'HOMER A. (1984) — Histoire de la digue de la Roche Torin. *Bulletin des amis du Mont-Saint-Michel*, n° 89.

- LUGEON M., JÉRÉMINE E. (1950) — Sur la confirmation de la présence d'un Précambrien d'origine glaciaire en Normandie (Manche). *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 230, p. 1549-1550.
- MANET F. (1829) — De l'état ancien et de l'état actuel de la baie du Mont-Saint-Michel et de Cancale, p. 183.
- MATHIEU G. (1942) — Le métamorphisme autour du granite de Vire et le gisement de ce granite. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 214, p. 1006-1007.
- MIDDLETON G.-V. et BOUMA A.-H. (1973) — Turbidites and deep water sedimentation. *S.E.P.M. Pacific section*, 157 p.
- MORZADEC M.-T. (1977) — La baie du Mont-Saint-Michel et le Marais de Dol. In S. DURAND : Bretagne, Guides géologiques régionaux, Masson éd., p. 28-30.
- PASTEELS P. (1970) — Uranium-lead radioactive ages of monazite and zircon from the Vire-Carolles granite (Normandy). *Eclogae geologicae Helveticae*, 63, p. 231-237.
- PASTEELS P. et DORÉ F. (1982) — Age of the Vire-Carolles granite. Numerical dating in stratigraphy, part II, edited by Gilles S. Odin, John Wiley and sons, p. 784-790.
- PETTIJOHN F.-J., POTTER P.-E. et SIEVER R. (1972) — Sand and sandstone. Springer-Verlag édit., 618 p.
- PIGEON Chanoine E.-A. (1888) — Le diocèse d'Avranches, sa topographie, ses origines... Coutances, 2 vol., 714 p.
- PHILIPPONNEAU M. (1956) — La baie du Mont-Saint-Michel : étude de morphologie littorale. *Mém. Soc. géol. et min. de Bretagne*, t. 11, p. 1-125.
- POTICHE Vicomte de (1891) — La baie du Mont-Saint-Michel et ses approches, 308 p.
- ROBLOT M.-M. (1961) — L'étage à niveaux charbonneux du Briovérien normand (X^{2a}). *Bull. Soc. géol. France*, (7), 3, p. 27-32
- SCOLARI G., LILLE R. (1973) — Nomenclature et classification des roches sédimentaires. *Bull. B.R.G.M.*, sect. 4, p. 57-132.
- STRECKEISEN A. (1973) — Classification and nomenclature of igneous rocks. *N. Jb. Miner. Mh.*, 4, p. 149-164.
- WEGMANN C.-E., DANGEARD L., GRAINDOR M.-J. (1950) — Sur quelques caractères remarquables de la formation précambrienne connue sous le nom de poudingue de Granville. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 230, p. 979-980.
- WILLIAMS H., TURNER F.-S., GILBERT G.-M. (1954) — Petrography. An introduction to the study of rocks in thin sections. Freeman W.H. édit., San Francisco, 405 p.

WINTERER E.-L. (1963) — Late precambian pebbly mudstone in Normandy, France : tillite or tilloid ? *In* : Problems in palaeoclimatology, p. 159-178. Interscience Publishers.

CARTOGRAPHIE

Cartes géologiques à 1/80 000

Feuille *Coutances* (44) :

1^{re} édition (1884), par L. LECORNU.

2^e édition (1928), par A. BIGOT.

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

Feuille *Avranches* (61) :

1^{re} édition (1882), par A. POTIER et A. de LAPPARENT.

2^e édition (1942), par H. MATTE.

3^e édition (1970), par M.-J. GRAINDOR et M.-M. ROBLLOT.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

Les documents de terrain ainsi que les échantillons pétrographiques et lames minces sont conservés :

— pour les terrains du socle et les sédiments fluviomarins holocènes, au Service géologique national, avenue de Concyr, Orléans-la-Source, ou au Service géologique régional de Basse-Normandie, 2, rue du Général-Moulin, 14000 Caen ;

— pour les dépôts éoliens et les sédiments fluviaux quaternaires, au Centre de géomorphologie du C.N.R.S., rue des Tilleuls, 14000 Caen.

La Banque des données du sous-sol du B.R.G.M. détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés soit au S.G.R. de Basse-Normandie, soit au siège du B.R.G.M., 191, rue de Vaugirard, 75015 Paris.

AUTEURS DE LA NOTICE

La présente notice a été rédigée par :

- Claude LANGEVIN et Laurent MINOUX, géologues au B.R.G.M., pour l'introduction, l'histoire géologique, la description des formations du socle, les phénomènes géologiques, les sols et la végétation, les ressources minérales et les carrières, et la documentation complémentaire ;
- Alain L'HOMER, conseiller scientifique au B.R.G.M., pour les sédiments fluviomarins holocènes et actuels, l'archéologie et les éléments d'histoire locale ;

- Jean-Pierre LAUTRIDOU, chargé de recherches au centre de géomorphologie du C.N.R.S., Caen, pour les sédiments fluviatiles et les dépôts éoliens et de solifluxion quaternaires ;
- Claude DASSIBAT, ingénieur géologue au B.R.G.M., pour l'hydrogéologie ;
- Guy VERRON, directeur de la circonscription des antiquités préhistoriques de Basse-Normandie, pour les sites préhistoriques et historiques.

La coordination a été assurée par C. LANGEVIN et L. MINOUX.

ANNEXE

COMPOSITIONS CHIMIQUES DE ROCHES MAGMATIQUES

(Pourcentage pondéraux des oxydes)	Granodiorite à biotite et cordiérite			Tendance porphyrique	Leucogranite	Aplite	Dolérite
	a	b	c				
SiO ₂	69,60	67,70	67,85	71,00	74,80	75,2	50,50
Al ₂ O ₃	14,59	15,30	14,87	14,40	14,00	12,8	15,40
Fe ₂ O ₃ total	4,05	4,43	4,66	2,66	1,10	0,7	17,97
MnO	0,04	0,04	0,07	0,03	0,02	n.d.	n.d.
MgO	1,32	1,65	1,65	0,95	0,09	0,8	4,49
CaO	1,38	1,57	1,36	0,48	0,37	0,1	7,46
Na ₂ O	2,86	3,26	2,97	3,31	3,55	3,4	n.d.
K ₂ O	4,28	3,88	4,04	4,19	4,87	4,3	n.d.
TiO ₂	0,46	0,65	0,55	0,40	0,05	0,1	n.d.
H ₂ O	0,80	1,15	0,94	1,30	0,55	n.d.	n.d.

n.d. : non dosé.

a : massif d'Avranches, ancienne carrière au lieu-dit la Goronnière, à 1,5 km au Nord-Ouest du village de Montgothier.

b : massif de Carolles—Vire, ancienne carrière à 2 km au Nord de Plomb.

c : massif de Carolles—Vire, travaux d'adduction d'eau à Subligny.

d : massif d'Avranches, dans cette ville, lieu-dit le Mont-Jarry.

e : massif de Carolles—Vire, carrière Lamotte, Saultbesnon près de Plomb.

f : ibidem, faciès de bordure, au contact de l'encaissant.

g : filon affleurant sur la feuille voisine Mortain, au lieu-dit Moulin de la Noirée, près de Tinchebray.

a à e : d'après M. Jonin (1981) ; f : d'après J.-P. Lacouenan (1983).

q : résultats d'une analyse partielle aimablement communiqués par la Société Saint-Gobain—Isover.