

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE À 1/50 000

BALLEROY



par

Y. VERNHET, S. BAIZE, J.-P. COUTARD,
C. LANGEVIN

BALLEROY

La carte géologique à 1/50 000 BALLEROY
est recouverte par les coupures suivantes
de la Carte géologique de la France à 1/80 000 :
à l'Ouest : SAINT-LÔ (N° 28)
à l'Est : CAEN (N° 29)

Ste-Mère- Eglise	Grandcamp- Maisy	
Carentan	BALLEROY	Bayeux - Courseulles- sur-Mer
St-Lô	Torigni- sur-Vire	Villers- Bocage

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE LA RECHERCHE ET DE LA TECHNOLOGIE
MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE,
DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE
BRGM - SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - FRANCE



**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
BALLEROY À 1/50 000**

par

Y. VERNHET, S. BAIZE, J.-P. COUTARD, C. LANGEVIN

1999

***Éditions du BRGM
Service géologique national***

Références bibliographiques. Toute référence en bibliographie à ce document doit être faite de la façon suivante :

pour la carte: VERNHETY, PAREYN C, VILLEY M., AUBRY J., ZWINGELBERG F., COUTARD F., BAIZE S., COUTARD J.-P. (1999)-Carte géol. France (1/50 000), feuille Balleroy (118). Orléans : BRGM. Notice explicative par Vernhet Y. et al. (1999), 129 p.

pour la notice : VERNHET Y., BAIZE S., COUTARD J.-P., LANGEVIN C. (1999) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Balleroy (118). Orléans : BRGM, 129 p. Carte géologique par Vernhet Y. et al. (1999).

© BRGM, 1999. Tous droits de traduction et de reproduction réservés. Aucun extrait de ce document ne peut être reproduit, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (machine électronique, mécanique, à photocopier, à enregistrer ou tout autre) sans l'autorisation préalable de l'éditeur.

ISBN : 2-7159-1118-1

SOMMAIRE

	<i>Pages</i>
INTRODUCTION	5
<i>SITUATION GÉOGRAPHIQUE</i>	5
<i>CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL - PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	8
<i>TRAVAUX ANTÉRIEURS - CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	11
DESCRIPTION DES TERRAINS	15
<i>PROTÉROZOÏQUE SUPÉRIEUR</i>	15
<i>PALÉOZOÏQUE</i>	34
<i>FILONS, LAVES CARBONIFÈRES ET INDIFFÉRENCIÉES MÉSOZOÏQUE</i>	60
<i>QUATERNAIRE ET FORMATIONS SUPERFICIELLES</i>	71
CONDITIONS DE FORMATION DES ENTITÉS GÉOLOGIQUES	78
ÉVOLUTION TECTONO-MÉTAMORPHIQUE	83
SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE	92
GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT	96
<i>OCCUPATION DU SOL</i>	96
<i>ÉLÉMENTS DE GÉOTECHNIQUE</i>	97
<i>RISQUES NATURELS</i>	99
<i>RESSOURCES EN EAU</i>	99
<i>GÎTES ET INDICES MINÉRAUX</i>	107
<i>SUBSTANCES UTILES ET CARRIÈRES</i>	109
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	109
<i>PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE</i>	109
<i>AFFLEUREMENTS REMARQUABLES</i>	109
<i>DOCUMENTS CONSULTABLES</i>	111
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	111
<i>DOCUMENTATION CARTOGRAPHIQUE</i>	118
AUTEURS	118
ANNEXES	121
<i>ANNEXE 1-TRAVAUX DE RECHERCHES POUR LE CHARBON</i>	122
<i>ANNEXE 2 - CARRIÈRES ET INDICES RECENSÉS ET QUELQUES SONDAGES RÉALISÉS POUR LA RECHERCHE D'EAU</i>	125
<i>ANNEXE 3 - ÉVOLUTION DU NIVEAU PIÉZOMÉTRIQUE DE LA NAPPE DU CALCAIRE DU BAJOCIEN</i>	129

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 - Contexte géologique régional de la feuille Balleroy	6
Fig. 2 - Schéma structural de l'orogène cadomien du Massif armoricain	7
Fig. 3 - Paléogéographie du bassin mancennien au Briovérien supérieur	32
Fig. 4 - Sondage de Port-Ribet - Saint-Fromond (1917) - 117-4-20	36
Fig. 5 et 6 - Coupes réalisées dans différentes cuvettes de la dépression permo-carbonifère du Molay-Littry	38-39
Fig. 7 - Les premiers stades de fonctionnement de la dépression houillère du Molay-Littry	40-41
Fig. 8 - Carte d'altitude du toit du Houiller	42
Fig. 9 - Carte d'altitude des roches volcaniques	44
Fig. 10 - Écorché de la surface prétriasique	45
Fig. 10bis - Coupe W-E dans le Permien de la feuille Balleroy	46
Fig. 11 - Principales subdivisions lithostratigraphiques de l'Autunien du bassin de Carentan	47
Fig. 12 - Carte géologique simplifiée des environs de La Meauffe	52
Fig. 13 - Spectres de terres rares des laves carbonifères du bassin de Carentan et des lamprophyres du Nord-Cotentin	62
Fig. 14 - Colonne stratigraphique simplifiée du Jurassique inférieur et moyen de la feuille Balleroy à 1/50 000	68
Fig. 15 - Extension respective des formations du Miocène-Pliocène supérieur, du Pléistocène basal et de la formation postérieure des sables de Saint-Vigor	72
Fig. 16 - Structure et coupe du Briovérien de la région de Balleroy	84-85
Fig. 17 - Coupe C-D : Secteur de Montfiquet	88
Fig. 18 - Schéma structural et interprétation de la déformation des séries briovériennes entre Balleroy et Le Molay-Littry	90
Fig. 19 - Évolution géodynamique cadomienne dans le NE du Massif armoricain	96
Fig. 20 - Localisation des principaux épicentres des séismes survenus depuis 200 ans	102
Fig. 21 - Carte des périmètres successifs de la concession de la société des mines de Littry	110

LISTE DES TABLEAUX

Tabl. 1 - Dosages de carbone organique dans des phanites des formations de Saint-Lô (N) et de Lamballe (Lab)	21
Tabl. 2 - Succession lithostratigraphique de l'Autunien de Normandie	48
Tabl. 3 - Directions et pendages. Données bibliographiques	57
Tabl. 4 - Principales secousses telluriques recensées dans la région depuis 1 000 ans	100

INTRODUCTION

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le territoire couvert par la feuille Balleroy à 1/50 000 est localisé dans le Nord de la Basse-Normandie, en bordure sud de la presqu'île du Cotentin. Cette région se situe au carrefour de trois entités géographiques : le col du Cotentin, qui s'étend vers l'Ouest vers le golfe normano-breton, le Bessin, à l'Est, qui constitue les premières étendues du bassin de Paris, et le bocage du Saint-Lois, au Sud.

La feuille Balleroy est à cheval sur deux départements, la Manche (50) et le Calvados (14).

Les paysages apparaissent très contrastés, vallonnés, de type bocage normand au Sud et au Nord-Est caractérisés par de nombreuses parcelles bordées de haies (correspondant aux terrains protérozoïques) ; ils passent, dans la partie nord-ouest, à des zones planes marécageuses (marais de l'Aure inférieure et de la vallée de l'Esque) et dans la partie nord-est, à de grandes étendues en plateau (correspondant aux terrains mésozoïques). La région est soumise à un climat de type tempéré océanique avec des précipitations moyennes de 1 000 mm par an.

Les principales agglomérations présentes sur cette carte sont Le Molay-Littry, Balleroy, Noron-La-Poterie, Trévières, Mandeville-en-Bessin, Saint-Clair-sur-l'Elle et Bernesq.

Deux grandes agglomérations sont situées en bordure de cette carte, Saint-Lô, dans l'angle sud-ouest (préfecture de la Manche), et Bayeux, au Nord-Est, dont on touche ici les faubourgs.

Les reliefs sont peu accusés sur ce secteur, avec des altitudes maximales de 150 m dans la partie sud de la coupure, mais fortement conditionnés par la nature du substrat.

Trois zones peuvent être individualisées :

- une zone située au Sud d'une ligne passant par Saint-Clair-sur-l'Elle-Le Molay-Littry et Saint-Paul-du-Vernay, caractérisée par des altitudes décroissantes du Nord au Sud (150 m au Sud à 50 m au Nord), des vallées fréquemment encaissées, et correspondant globalement aux terrains protérozoïques (Briovérien) ;
- une seconde zone localisée au Nord de cette même ligne, découpée par les bassins de l'Aure et de la Tortonne, et marquée, en dehors des zones de cuestas triasiques, par un relief très peu contrasté de type plateau, légèrement penté vers le Nord. Les altitudes moyennes oscillent entre 30 m et 50 m. Cette zone correspond aux terrains paléozoïques (bassin permo-carbonifère

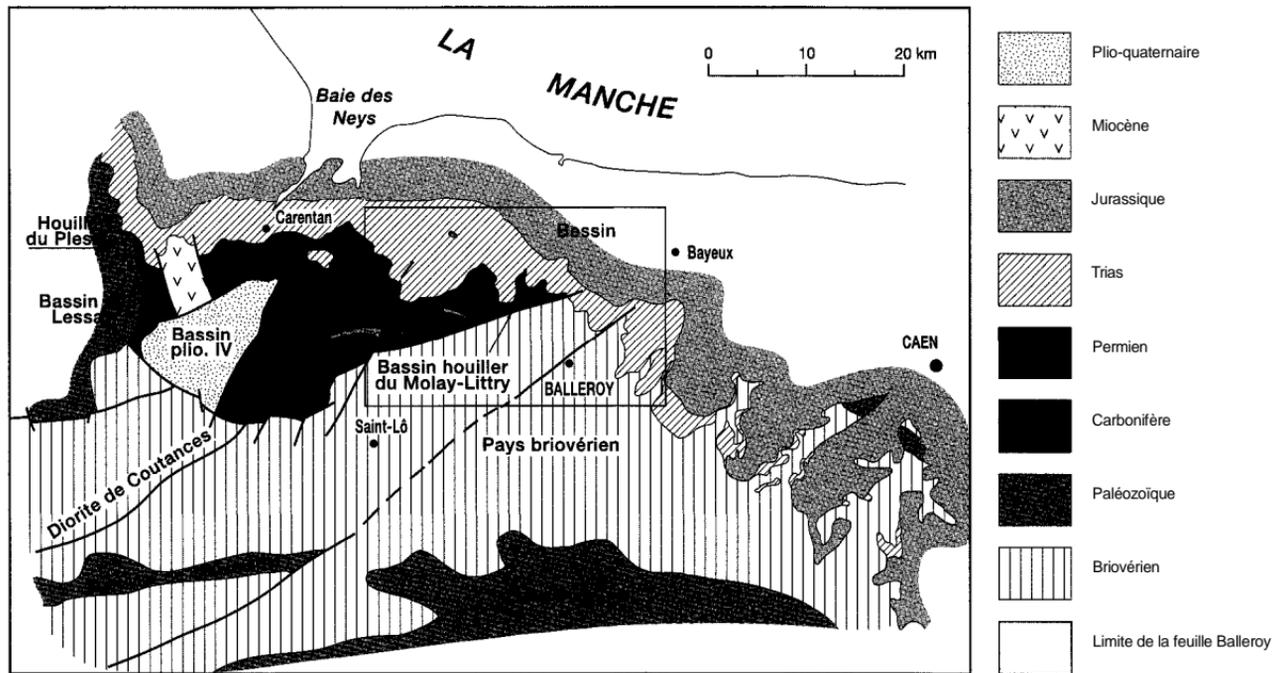


Fig. 1 - Contexte géologique régional de la feuille Balleroy

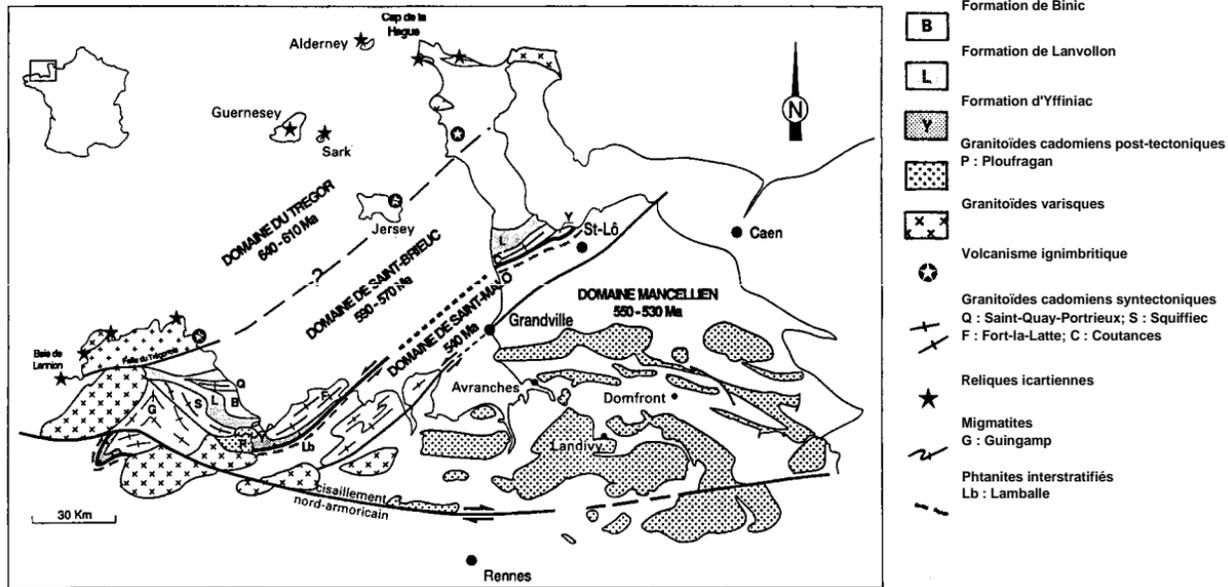


Fig. 2 - Schéma structural de l'orogène cadomien du Massif armoricain (d'après Hébert, 1993)

de Littry-Carentan) et mésozoïques (bordure occidentale du bassin de Paris) et est marquée par la présence d'importants dépôts éoliens ;

- un troisième ensemble représenté par la zone en dépression fortement marécageuse localisée dans la partie nord-ouest de la feuille et induite par le cours de la rivière Aure, ainsi que les dépressions morphologiques liées au cours des rivières Tortonne au Nord et Elle à l'extrême Ouest.

Le territoire couvert par la feuille Balleroy est principalement drainé au Nord par l'Aure et ses affluents, notamment la Tortonne et l'Esque, au Sud et à l'Est par la Drôme (également affluent de l'Aure), et à l'Ouest par la rivière Elle. Ce réseau hydrographique apparaît, en particulier au niveau de l'Aure et de la Drôme, essentiellement contrôlé par la nature des formations géologiques présentes (cas de l'Aure et de la Tortonne localisées au contact Keuper supérieur t6 et Sinémurien l2) mais également par le contexte structural. Le tracé de la rivière Drôme apparaît, par exemple, en grande partie conditionné par l'accident dit de la Drôme. Cet accident se prolonge au Sud vers Saint-Lô, parallèlement à celui de Granville, dont il est probablement contemporain.

CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL - PRÉSENTATION DE LA CARTE

La région couverte par la feuille Balleroy à 1/50 000 se situe dans l'extrême nord-est du Massif armoricain, au carrefour de plusieurs entités géologiques (fig. 1 et 2 ; schéma structural) :

- d'une part, un domaine appartenant au domaine cadomien nord-armoricain (Chantraine, 1989) occupant pratiquement toute la moitié sud de la coupe et constitué de terrains sédimentaires plissés d'âge protérozoïque supérieur (650-540 Ma). Ce domaine se subdivise en deux ensembles très grossièrement répartis de part et d'autre de l'accident de la Drôme : (1) au Nord, le Briovérien phtanitique (ou inférieur) localisé structurellement dans le domaine de Saint-Malô (Hebert, 1993) (domaine de la cordillère orogénique ; Chantraine, 1989) ; (2) au Sud, le Briovérien post-phtanitique (ou supérieur), faisant partie intégrante du domaine de la Mancellia (domaine continental ; Chantraine, 1989).

Ce domaine est limité au Nord par le bassin permo-carbonifère (290-225 Ma) de Carentan (partie centrale de la carte), composé de sédiments déposés dans une zone à l'époque fortement subsidente, et par la couverture secondaire de la bordure occidentale du bassin de Paris (cuesta et plateau jurassique). Ces terrains primaires et secondaires reposent en discordance sur les formations protérozoïques.

Les terrains de l'Ordovicien n'apparaissent qu'à l'état de témoins (Formation du Grès armoricain) à Colombières. De même, seuls quelques témoins pleistocènes ont pu être observés (sables de Saint-Vigor).

La structuration du domaine cadomien résulte essentiellement des différentes phases de déformations plicatives et cassantes liées aux différentes phases orogéniques cadomiennes (585 et 540 Ma). Les terrains paléozoïques sont, quant à eux, affectés par une phase de plissement et de fracturation liée à l'orogène varisque (300 Ma). Cette phase de fracturation engendre, au niveau du socle cadomien, une réactivation de certaines structures cadomiennes tels que les accidents de la Drôme, de Coutances, de Granville et la « faille limite », et tout un ensemble de failles associées à ce faisceau.

Formations protérozoïques (Briovérien)

Les terrains présents dans la partie sud de la zone cartographiée sont d'âge protérozoïque supérieur. Ils sont sédimentaires, détritiques et marins et constituent ce que l'on appelle le Briovérien (en référence au nom latin de Saint-Lô : *Briovera*). Ils sont composés de siltite, siltite ardoisière, argilite, grauwacke, conglomérat et phtanite. Un horizon calcaire (les calcaires de La Meauffe) est, d'après les différentes études antérieures réalisées sur ce secteur, considéré comme appartenant au domaine briovérien phtanitique. Toutefois, cette attribution au Protérozoïque supérieur reste encore à l'heure actuelle très discutable et discutée. Suite aux différentes études réalisées à l'échelle régionale (levers des feuilles Avranches, Saint-Lô, Granville, Carentan ; Le Corre, 1977 ; Chantraine et *al.*, 1983), la présence de phtanite en bancs ou en éléments remaniés dans les roches est maintenant couramment employée comme critère de distinction entre un terme briovérien, dit « phtanitique », caractérisé par la présence de phtanite en bancs, et un terme briovérien, dit « post-phtanitique », marqué par la présence dans les roches d'éléments de phtanite remaniés. Dans le secteur étudié, ce critère de distinction a permis au cours du lever de distinguer au sein de cet ensemble protérozoïque, deux unités :

- l'une principalement située au Nord d'une ligne passant par Balleroy et Liteau, de part et d'autre de l'accident de la Drôme, et dans laquelle s'individualisent des *horizons de phtanite* et des grès tufacés ; cette unité est, de part la présence de ces horizons de phtanite, attribuée au Briovérien inférieur phtanitique (Formation de Saint-Lô) ; elle réapparaît au Sud-Est de Planquery sur les communes de Foulognes, Sainte-Honorine de Ducy et Cahagnolles ;

- la seconde unité est localisée au Sud de cette ligne Balleroy-Liteau, par conséquent au Sud de l'accident de la Drôme, et apparaît constituée de faciès détritiques, en particulier de conglomérats, à *éléments de phtanite*

remaniés. La présence de ces derniers permet, dans le concept actuel, de situer cette unité dans le domaine Briovérien supérieur post-phtanitique (Le Corre, 1977), plus précisément ici dans la Formation de Granville.

Au cours de l'orogénèse cadomienne, il y a 600 à 540 Ma, ces différentes formations ont été déformées, affectées par un métamorphisme régional de faible intensité de type épizonal dans le domaine « schistes verts ».

Couverture paléozoïque

Présente dans la partie centrale de la zone étudiée, elle est essentiellement constituée par les terrains carbonifères (Stéphanien) du Molay-Littry et par les formations permienes.

Les terrains carbonifères sont formés de grès et de poudingue à intercalations de coulées volcaniques, d'un niveau de houille, attribué au Stéphanien par le cortège pollinique, de schiste noir et de grès feldspathique. Ces terrains se sont mis en place dans un bassin subsident issu de la distension post-orogénique.

Les formations permienes (Autunien) sont représentées par des schistes, grès et calcaires à dominante grise (Autunien « gris ») et des schistes, grès, conglomérats et pélites à dominante rouge (Autunien « rouge »). Ces formations sont également accompagnées de manifestations volcaniques telles que des cinérites et de minces coulées basaltiques, dont la mise en place est liée à la distension post-varisque. Les terrains siluriens et dévoniens ne sont pas représentés sur cette zone.

L'Ordovicien n'a été observé que très ponctuellement dans la carrière de Colombières (Nord-Ouest de la feuille), sous la forme de Grès armoricains O2, s'ennoyant sous la couverture triasique.

Le socle cambrien constitué par des grès et arkoses n'a été observé qu'en sondage, au niveau du bassin houiller.

Sur le plan structural, on retiendra également la présence de deux accidents majeurs traversant du Sud-Ouest au Nord-Est cette feuille : (1) la faille dite « limite », correspondant au prolongement de l'accident de Coutances et mettant en contact les terrains paléozoïques et les terrains briovériens ; (2) l'accident de la Drôme, se prolongeant à l'Ouest sur la feuille Saint-Lô, probablement cadomien et réactivé lors de la phase varisque. Considéré par de nombreux auteurs comme correspondant au prolongement de l'accident de Granville, cet accident de la Drôme appartient en fait à un réseau de failles subparallèles comprenant entre autres les failles de Granville, de Coutances

et de la Drôme ; elles correspondent probablement à d'anciennes structures cadomiennes, réactivées au cours de la phase varisque, voire également ultérieurement. Le prolongement de l'accident de Granville se situe en apparence plus au Sud sur la feuille de Torigni-sur-Vire, actuellement en cours d'étude.

Couverture mésozoïque

Elle est largement représentée sur la coupure où elle occupe pratiquement toute la moitié nord. Les formations présentes appartiennent au Trias, discordant sur le Permien, et au Jurassique. Les formations triasiques (Keuper supérieur) sont constituées de sédiments d'origine continentale, fluvatile, fluvio-lacustre ou pédologique, alors que celles du Jurassique sont à dominante de calcaire et d'argile et caractérisent une transgression marine directement sur le Trias.

Formations tertiaires et quaternaires

Aucune formation tertiaire n'a été distinguée sur ce secteur. Les formations quaternaires, quant à elles, sont principalement représentées par des formations continentales d'origines périglaciaire, éolienne et fluvatile.

Toutefois dans ce contexte continental, les sables pléistocènes de Saint-Vigor, essentiellement siliceux, paraissent s'être mis en place dans un milieu marin très peu profond à franchement littoral.

TRAVAUX ANTÉRIEURS - CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

La couverture géologique de la feuille Balleroy a été réalisée en partie en 1827 et 1829 par A. de Caumont (cartes de la Manche et du Calvados) et en 1880 par E. Vieillard, A. Potier et A. de Lapparent (carte de la Manche). La première carte géologique de synthèse à 1/80 000, dénommée Saint-Lô, a été réalisée en 1891 par L. Lecornu ; cette édition a été actualisée en 1926 par A. Bigot, puis en 1967 par M.J. Graindor, M.M. Roblot, M. Robard et M. Rioult. Les grands ensembles définis à l'origine sont restés sensiblement identiques au cours de ces réactualisations, mais leurs contours et leurs positions stratigraphiques ont été de plus en plus affinés. Les subdivisions au sein même du Briovérien sont cependant restées très restreintes, limitées sur le plan stratigraphique à la définition de trois ensembles (inférieur, moyen et supérieur) en fonction de la présence ou non de « tillites » (termes moyen et supérieur), de phtanite (terme moyen) et de faciès volcano-sédimentaires (terme inférieur) (Graindor et *al.*, 1967). Sur le plan métamorphique, les auteurs mettent en évidence un terme plus métamorphique, le Briovérien

inférieur, dont les terrains (grauwackes, roches amphiboliques et pyroxéniques, coulées de type basaltique) sont affectés par l'intrusion syntectonique de la granodiorite de Coutances.

Sur le plan structural, deux phases de plissements cadomiens sont mises en évidence, la première affectant le Briovérien dit « ancien ou prétilitique », la seconde, plus tardive, affectant l'ensemble de la série briovérienne. Sur la dernière édition (1967), la phase varisque n'est abordée que très succinctement ; l'accident de Coutances n'est qu'en partie visualisé et interprété comme un chevauchement, alors que l'accident de la Drôme n'est pas encore figuré.

Depuis, le lever des feuilles Coutances à 1/50 000 (Dupret et *al.*, 1989), Granville (Doré et *al.*, 1988), Saint-Lô (Dupret et *al.*, 1997), Villedieu-les-Poêles (Janjou et *al.*, 1988), Domfront (Vernhet et *al.*, 1996) et Landivy (Vernhet et *al.*, 1997) a fortement contribué à améliorer les connaissances sur la géologie régionale. Il en va de même des nombreuses études réalisées tant sur un plan général (Klein, 1973 ; Robardet, 1981) que sur un plan plus spécifique tel que celles de J. Cogné (1962), C. Le Corre (1977), J. Chantaine et *al.* (1983, 1986, 1988), E. Egal et *al.* (1994), F. Doré et *al.* (1985), Dissler et *al.* (1988), L. Dupret et *al.* (1984, 1990) pour le Briovérien, de J. Le Gall et *al.* (1989) pour les volcanites carbonifères, de C. Pareyn et A. L'Homer (1982, 1989) pour le bassin permien de Carentan, et de J.P. Lautridou (1985, 1991) pour les formations superficielles.

La carte Balleroy a été élaborée dans le cadre du lever systématique de la carte géologique de la France à l'échelle du 1/50 000. Les principales difficultés rencontrées lors du lever de cette feuille sont liées d'une part aux conditions d'affleurement, très irrégulières d'un secteur à l'autre, et notamment très médiocres dans les zones à fort recouvrement, qu'il soit terrigène (limons, alluvions) ou végétal (paturages, marécages, tourbières et massifs forestiers) (marais de Carentan, forêt domaniale de Cerisy-la-Forêt), d'autre part, pour la partie centrale de la carte, au contexte pédo-géologique local. Dans cette zone, les terrains briovériens sont plus ou moins bien affleurants, sous couvert forestier, souvent fortement altérés et localement surmontés de dépôts limoneux. La cartographie de détails apparaît dans ce contexte nettement plus délicate à réaliser. On signalera également au niveau des levers des formations du Briovérien, l'abondance dans certains secteurs (tels que sur Castillon et Balleroy) de murets en bordure de champs, souvent masqués par des colluvionnements de limons, et pouvant conduire à de fausses interprétations. Concernant les calcaires de La Meauffe, la médiocrité des affleurements accessibles, l'ennoisement des grandes carrières et l'importance du recouvrement notamment triasique, rendent délicate toute étude détaillée de cette formation.

La limite stricte entre le Briovérien et le Trias est également par endroits difficile à cerner en raison du colluvionnement des argiles et galets du Trias sur les terrains briovériens.

La cartographie dite en « *pierres volantes* » dans les labours a été fortement utilisée sur l'ensemble de la carte où les terrains sont pour moins de 50 % occupés par les cultures (maïs, betteraves et pois pour le bétail, grandes parcelles de blé).

Les nombreux travaux réalisés par l'O.N.F dans le massif forestier de Cerisy-la-Forêt (chemins d'exploitation, fossés, petites fosses pour études pédologiques) ainsi que les travaux d'aménagement de routes, curages de fossés (D.D.E) et travaux de drainages ont permis d'affiner les observations.

Apports scientifiques et techniques des nouveaux levés

Plusieurs améliorations, tant scientifiques que d'intérêts économiques (aménagement du territoire), ont été introduites par rapport à la carte à 1/80 000 de Saint-Lô et aux cartes à 1/50 000 réalisées dans la région.

Concernant la *lithostratigraphie*, une cartographie détaillée des différentes formations du Paléozoïque et du Mésozoïque a été réalisée, avec notamment une séparation nette entre les faciès du Permien et les faciès du Trias. De nouveaux affleurements de sables pleistocènes de Saint-Vigor (autrefois attribués au Pliocène) ont été identifiés sur cette zone, notamment autour de Bernesq.

Les limites entre le socle protérozoïque et les couvertures primaire et secondaire ont été affinées.

Concernant le Briovérien, la cartographie systématique a permis d'individualiser différents faciès pétrographiques et notamment de découvrir et de cartographier avec précision de nouveaux horizons de phtanite et de conglomérat, et de mettre en évidence, au niveau des phtanites, l'existence de deux milieux de dépôts différents. Ces observations ont permis de distinguer deux ensembles briovériens : un ensemble phtanitique ou inférieur principalement localisé au Nord d'une ligne Balleroy-Liteau, correspondant à la Formation de Saint-Lô, et un ensemble post-phtanitique ou supérieur, situé au Sud de cette ligne et correspondant à la formation de Granville. Ces observations ont permis de préciser les relations existant entre ces deux ensembles en particulier : l'absence de discontinuité tectonique majeure en dehors d'une importante discontinuité sédimentaire marquée par l'apparition de conglomérats, et l'existence d'une sédimentation quasi continue d'un terme à l'autre.

Cette cartographie détaillée a également permis de préciser la structuration des calcaires de La Meauffe sans pour autant confirmer l'appartenance de ce niveau au Briovérien phthanitique, tel qu'on le conçoit actuellement.

Enfin de nouveaux affleurements très ponctuels de roches volcaniques et de filons doléritiques ont été observés.

Cette cartographie systématique a également permis de préciser l'extension et la répartition des formations superficielles quaternaires (alluvions, lœss et formations périglaciaires), importantes au plan économique (agriculture, environnement et aménagement du territoire).

Sur le *plan métamorphique et structural*, les différents gradients de métamorphisme, ainsi que les différentes phases de plissement affectant le Protérozoïque et le Paléozoïque ont pu être examinées et individualisées. Au sein du Briovérien, le résultat majeur est la mise en évidence d'une phase majeure P1 tardive affectant simultanément les deux unités inférieure et supérieure, d'intensité plus marquée dans la partie inférieure (Briovérien inférieur) de cet empilement sédimentaire et s'atténuant dans la partie supérieure (Briovérien supérieur). Toutefois, la présence de filonnets quartzeux repris dans les plis P1 permet d'envisager une phase cassante antérieure à PL.

Les deux accidents majeurs que sont la « faille limite » (située dans le prolongement de l'accident de Coutances) et l'accident de la Drôme (indépendant de celui de Granville), ont été identifiés (cf. schéma structural) et ont permis de mettre en évidence une phase de décrochement sénestre majeure liée à la tectogénèse varisque, réactivant des structures probablement protérozoïques à cambriennes et conditionnant fortement la structuration du bassin houiller de Carentan.

Les différents faciès pétrographiques distingués au sein des deux ensembles briovériens ont été, dans la mesure du possible, suivis en continu, permettant ainsi de visualiser la structuration et les relations existant entre ces deux ensembles sédimentaires protérozoïques et leurs relations avec les accidents varisques notamment la « faille limite », à l'origine de la virgation des formations briovériennes dans le secteur du Molay-Littry, et la faille de la Drôme.

Outre les failles majeures N60, plusieurs réseaux de fracturation ont également été reconnus notamment ceux de direction N110, N10, N30, N70 à N80 et N170 à N180.

DESCRIPTION DES TERRAINS

PROTÉROZOÏQUE SUPÉRIEUR

Introduit par C. Barrois en 1899, le terme de Briovérien, dont Saint-Lô est la localité type, est attribué à l'ensemble des terrains azoïques sous-jacents aux formations cambro-ordoviciennes et affectés par les déformations cadomiennes et, plus au Sud, par les intrusions des granitoïdes cadomiens, tardi-tectoniques et antécambriens de la Mancellia.

Les formations de cette partie du domaine nord-mancellien présentes sur la feuille Balleroy appartiennent au Protérozoïque supérieur. Ces terrains situés, sous la discordance du Cambrien basal (feuilles à 1/50 000 Saint-Lô, Torigni-sur-Vire), sont constitués d'horizons caractéristiques, en particulier de phtanite (Briovérien inférieur ou phtanitique), mais également de niveaux terrigènes à éléments de phtanite remaniés (grauwackes et conglomérats). Ces derniers, issus de la destruction de la Chaîne cadomienne interne (dont la surrection se situe vers -584 Ma ; Guerrot et *al.*, 1989), se mettent en place dans un vaste bassin, le bassin mancellien (ou domaine cadomien externe).

Les études radiochronologiques ont permis de cerner l'âge du Briovérien. La limite inférieure obtenue par datation U/Pb d'un galet orthogneissique du conglomérat de Cesson (baie de Saint-Brieuc ; base présumée du Briovérien ; Guerrot et *al.*, 1989) se situe à 656 ± 5 Ma, alors que la limite supérieure, correspondant à la mise en place des granodiorites cadomiennes de la Mancellia et au métamorphisme des terrains briovériens encaissants, est fixée à 540 ± 10 Ma (Pasteels et Doré, 1982 ; méthode U/Pb). La limite entre les deux ensembles briovériens est fixée par l'âge de la tonalite de Coutances (584 ± 4 Ma ; Guerrot et *al.*, 1989), laquelle métamorphose certains niveaux du groupe inférieur.

La stratigraphie du Briovérien s'articule maintenant couramment autour de deux ensembles (Cogné, 1962 ; Le Corre, 1977) : un Briovérien inférieur *ou phtanitique*, constitué à la base de volcanites tholéitiques, de formations volcano-sédimentaires et sédimentaires telles que les schistes de Saint-Lô et surtout les phtanites, et un Briovérien supérieur, *post-phtanitique*, à caractère détritique terrigène marqué par la présence d'éléments remaniés du Briovérien inférieur, en particulier de phtanite. Toutefois la limite entre ces deux ensembles reste encore à l'heure actuelle imprécise.

Les terrains protérozoïques présents dans cette région se répartissent dans ces deux ensembles *phtanitique* et *post-phtanitique* et sont ici essentiellement constitués par des alternances centimétriques à pluridécimétriques de siltite, siltite ardoisière, argilite, grès, grauwackes, à intercalations remarquables de conglomérat et de phtanite. Les terrains du Briovérien inférieur

appartiennent à la Formation de Saint-Lô, ceux du Briovérien supérieur à la Formation de Granville. Ces terrains sont fortement plissés, aussi bien dans le Briovérien phtanitique que dans le terme post-phtanitique.

Les différences entre le terme inférieur et le terme supérieur apparaissent, hormis la présence de phtanite et de conglomérat à éléments de phtanite, extrêmement minimes. L'origine et la nature des matériaux détritiques ayant contribué à la formation des différents faciès pétrographiques sont très proches entre ces deux termes, ce qui se traduit par une très grande similitude de faciès, notamment au niveau des siltites. Concernant les différences existant entre ces deux ensembles, quelques observations peuvent cependant être signalées : comparées à celles du terme supérieur, les formations inférieures, en particulier les siltites, apparaissent fréquemment lardées de filonets et lentilles de quartz (quartz blanc filonien ou d'exsudation) que l'on retrouve en abondance à l'état de fragments dans les labours. Ces faciès présentent en général un caractère plus lustré, à patine rouille plus marquée, fréquemment microplissés (échantillons en pierres volantes), affectés par une schistosité de flux nette (en particulier les faciès fins). Le degré d'altération de ces roches, et en particulier des siltites, apparaît également nettement plus prononcé que dans le Briovérien supérieur.

Au niveau du passage entre ces deux formations, aucune discontinuité structurale ni contact faillé majeurs n'ont été mis en évidence. La transition entre ces deux ensembles est d'ordre sédimentologique et marquée par la mise en place de faciès conglomératiques à galets de roches volcaniques, plutoniques et phtanitiques.

Sur le plan structuration régionale, les observations réalisées lors du lever de cette feuille à 1/50 000 font clairement ressortir une structuration NE-SW de cette partie du bassin briovérien, c'est-à-dire identique à celle déjà observée plus au Sud (Mortain-Domfront-Landivy).

Concernant la Formation des calcaires de La Meauffe, celle-ci, qui ne renferme que quelques concrétions sphériques de type algaire sans valeur stratigraphique, est jusqu'à présent attribué au Briovérien inférieur, en raison essentiellement de sa structuration et de son environnement géologique briovérien (Graindor, 1957 ; Juignet, 1962 ; Mortelemans et Juignet, 1966 ; Dupret et *al.*, 1990, 1997). Les observations réalisées dans et au voisinage des différentes carrières de La Meauffe (sur les feuilles Balleroy et Carentan) laissent planer un doute concernant la position stratigraphique réelle de cette formation et son attribution au Briovérien inférieur. En effet, l'environnement géologique de ces calcaires apparaît beaucoup trop contrasté pour que l'on puisse réellement établir une corrélation entre ces faciès carbonatés très massifs et la série détritique terrigène briovérienne ambiante, et laisse par conséquent entrevoir une position stratigraphique plus haute dans

la série régionale. Malheureusement, en l'absence de critères faunistiques, leur position reste plus que problématique. Aucune formation carbonatée identique et aussi puissante n'a été reconnue dans la région. Seuls quelques horizons carbonatés sont signalés sur le plan régional, contemporains des phases de sédimentation cambrienne et permienne. Par comparaison avec ces faciès, les calcaires de La Meauffe pourraient être éventuellement attribués au Paléozoïque, mais ceci sous toute réserve (cf. calcaires de La Meauffe).

Briovérien phthanitique : Formation de Saint-Lô (660-585 Ma)

Le Briovérien inférieur est représenté par une puissante série sédimentaire composée d'une alternance de niveaux de siltites, siltites ardoisières, argilites, grès fins, grauwackes, au sein de laquelle s'individualisent des horizons de phthanite. L'ensemble de ces terrains constitue la Formation de Saint-Lô. Toutes ces roches sont fortement déformées, affectées par une schistosité de flux, bien marquée au niveau des faciès fins, associée à une phase de plis très redressés, serrés et isoclinaux.

Les levés réalisés sur ce secteur ont permis de subdiviser cet ensemble phthanitique (Formation de Saint-Lô), réputé monotone, en trois faciès pétrographiques bien distincts, suffisamment puissants pour être individualisés à l'échelle du 1/50 000 et comprenant :

- des niveaux massifs à grès tufacés et grès fins, à veinules de quartz (b1G) ;
- des bancs de phthanite (b1Ph) ;
- des horizons à dominante de siltites ardoisières argilites, à veinules de quartz (b1S).

b1G. Grès tufacés, grès fins à veinules de quartz. Ces différents faciès observés sur le terrain ont été regroupés sous la même notation b1G dans la mesure où les conditions d'affleurement ne permettent pas de suivre en continu les différents faciès observables ponctuellement et que ceux-ci paraissent être cartographiquement étroitement imbriqués (passages latéraux de faciès). Bien que des tendances puissent être signalées, la mise en place de limites entre ces différents faciès reste très aléatoire. De même que pour la notation b1S des siltites, la notation b1G utilisée ici caractérise une nette prédominance des termes gréseux et n'exclut en aucun cas la présence de fines intercalations de siltites, trop réduites pour être prises en compte dans la représentation cartographique.

Concernant la répartition de ces faciès, les niveaux de grès tufacés (faciès grès de Rampan ; anciennement incorporés à l'étage X2b de M.J. Graindor (1957) sont essentiellement localisés en rive gauche de la Drôme, entre le

cours de la Drôme et la D 572 (Saint-Lô-Bayeux), depuis la commune de Montfiquet au Sud-Ouest jusqu'au contact Briovérien-Trias au Nord-Est. Ils apparaissent au Nord de Vaubadon. Ils sont également identifiables au Sud-Est de la feuille, sur les communes de Cormolain, Planquery et Sainte-Honorine-de-Ducy.

Les grès fins sont très abondants sur cette coupure et principalement localisés dans la moitié ouest du domaine briovérien étudié, entre Cerisy-La-Forêt et la bordure ouest de la carte.

Ces faciès sont caractérisés par la finesse de leur grain, proche de celui des siltites et pouvant prêter à confusion.

Les grès tufacés constituent une série de bandes parallèles alternant régulièrement avec des niveaux silteux noirs subardoisiers, et à pendages en général fortement redressés (70° à 75°), pentés vers le Sud-Est. Le caractère répétitif de ces formations peut être interprété soit comme étant d'origine sédimentaire lié à un certain nombre de récurrences de ce faciès, soit comme traduisant l'existence d'une phase de déformation à plis serrés, orientés cartographiquement $N70^{\circ}$ à $N90^{\circ}E$. Ces grès tufacés font l'objet actuellement à Vaubadon, en bordure de la Drôme, d'une importante exploitation en carrière pour granulats (Société Girard et Fossez et Cie), alimentant notamment les travaux de l'autoroute des Estuaires A-84.

Ces roches sont massives, à grain moyen grossier, à débit très frustré, gris sombre à gris verdâtre à l'état sain, brunâtres et pulvérulentes à l'état altéré. Elles présentent à l'affleurement un aspect altéré très caractéristique, piqué de fines ponctuations millimétriques étirées blanches, correspondant à des plages de feldspath altéré. Ce sont des wackes immatures, composés de débris non classés et hétérométriques monominéraux et lithiques pris dans une matrice quartzo-phylliteuse, elle-même hétérogène. Les éléments monominéraux sont représentés par des grains millimétriques de quartz, en majorité très anguleux, lancéolés, en échardes, parfois à golfe de corrosion, accessoirement arrondis, monocristallins et à extinction roulante. Les feldspaths se présentent sous la forme de plages de plagioclases (à dominante albite), anguleuses à émoussées, plus ou moins altérées, de granulométrie identique à celle des grains de quartz, et parfois à myrmékites, ou en plages fantômes complètement altérées (feldspath potassique ?) ; quelques éléments de microcline sont ponctuellement observables. Ces grauwackes renferment également des grains de zircon et tourmaline verte, de la muscovite détritique en grandes plages trapues et flexueuses et des minéraux opaques. Les éléments lithiques sont anguleux à subsphériques et proviennent du démantèlement de formations d'origine volcanique, plutonique et sédimentaire. Ils sont essentiellement composés de quartzite, microquartzite limpide ou à fines paillettes phylliteuses, roche plagioclasique microgre-

nue à grenue à plagioclases en lattes enchevêtrées et altérées (fragments de roches volcaniques) et de siltites et argilites. Quelques plages de quartz polycristallin (quartz engrené ou en flammes) et de quartz associé à des plagioclases, en général plus grossières et subarrondies, peuvent également être observées. Ces différents constituants sont pris dans un ciment abondant, finement cristallisé à quartz-plagioclases et phyllites (illite-chlorite). Ce ciment est hétérogène, marqué notamment par une individualisation de passées plus quartzeuses et de lits phylliteux fins. Ces liserés phylliteux contournent et englobent les clastes, et délimitent localement au sein même de la matrice des pseudolentilles à caractère microquartzitique, conférant à la roche un caractère œillé. Les proportions en quartz et phyllites du ciment peuvent varier d'un échantillon à l'autre, ce qui se traduit par l'observation tantôt de grauweekes à ciment riche en phyllites, tantôt de grès tufacés à ciment à dominante quartzeuse majoritaires sur cette zone. Au Nord de Vaubadon, mais également fréquemment au voisinage des horizons phtanitiques, ces grès peuvent apparaître avec une teinte verte prononcée, liée à un enrichissement du ciment en phyllites, notamment en chlorite. La schistosité S1, très nette dans les siltites-argilites b1S, apparaît dans ces faciès nettement plus frustrés, mais toujours soulignée par l'alignement des phyllites et des particules opaques. Les éléments détritiques font fréquemment l'objet d'une amorce de rotation, matérialisée dans les zones d'ombre par des queues de recristallisations essentiellement quartzeuses. Les grès fins ne diffèrent des précédents faciès que par leur granulométrie très fine. Toutes ces roches sont régulièrement recoupées par des petits filonnets de quartz de génération et composition variables. Les observations réalisées dans la carrière de Vaubadon ont en particulier permis de reconnaître des filonnets plurimillimétriques hydrothermaux, clairement tardifs par rapport à la schistosité S1, probablement liés au jeu de l'accident de la Drôme, et composés de quartz, carbonates, chlorite verte en agrégats, muscovite et pyrite.

b1Ph. Phtanites. Ces niveaux de roches silico-carbonées constituent un excellent horizon repère dans la lithostratigraphie du Briovérien. Reconnus initialement à Lamballe, en Bretagne, ils furent ensuite observés en Normandie, dans la région de La Lande-des-Vardes, à l'Est de Coutances. Leur présence à l'état d'intercalations dans les formations sédimentaires du Briovérien constitue actuellement un critère majeur permettant d'attribuer ces dernières au Briovérien inférieur dit phtanitique. Quelques traces d'organismes, notamment des Cyanobactéries (*Bavlinella faveolata* et *Palaeocryptidium*), sans aucune valeur stratigraphique, y ont été distinguées. Elles témoignent du développement de la vie au Briovérien. Ces organismes se présentent sous la forme de petits corps sphériques de quelques microns (Mansuy, 1983).

L'âge de ces formations à phtanites interstratifiés ne peut être défini que par des arguments indirects. En Bretagne, ces formations se sont déposées avant 600 Ma, entre 640 et 610 Ma (Chantraine et *al.*, 1988, *in* Dabard, 1997). Dans le secteur étudié, les phtanites sont essentiellement observables dans la partie nord du domaine briovérien au niveau des communes du Molay-Littry (fermes de la Butte, du Lieu Marie, du Lieu Haribel, de Loucelles et de la Frémonderie), du Tronquay (fermes du Bas-Hamel et de la Lièvrerie) et Sainte-Marguerite-d'Elle (à l'Est, fermes de la Butte, le Tronquay et de Videcoq). On les retrouve également dans la partie sud du domaine briovérien inférieur, à l'état de niveaux très lenticulaires alignés selon un axe passant par Castillon au Nord-Est et Berigny au Sud-Ouest, constituant ici comme ailleurs l'armature des collines. Cet alignement se situe dans le prolongement d'importants niveaux de phtanites cartographiés au Sud pratiquement en continu sur plus de 12 km de long, depuis Berigny jusqu'à Saint-Lô (feuille Torigni-sur-Vire, en cours). Ces horizons siliceux sont, au Nord comme au Sud, intercalés dans la série sédimentaire et alignés parallèlement aux bandes de grauwackes et de siltites, notamment au niveau de la virgation affectant S0 et S1 au Nord. Leur origine sédimentaire paraît par conséquent logique, bien qu'ils soient souvent localisés dans des secteurs fortement tectonisés (dans l'environnement de la faille de la Drôme et de la faille « limite »). Ces phtanites n'apparaissent en général à l'affleurement qu'à l'état de blocs en « volantes », dispersés ou très concentrés, en général décimétrique à pluridécimétrique (50 cm), pouvant atteindre localement le mètre cube. Les plus fortes concentrations observées sont celles des fermes du Lieu Haribel, de la Butte et de la Frémonderie (Le Molay-Littry), du Tronquay (Sainte-Marguerite-d'Elle) et de la Fontaine Blot (Bérigny). Ces différentes concentrations de blocs de phtanite apparaissent clairement alignées, parallèles aux formations avoisinantes, et correspondent probablement à des niveaux plus ou moins continus, lenticulaires, dilacérés, d'extension pouvant varier entre quelques centaines de mètres et quelques kilomètres. La puissance de ces horizons reste difficile à déterminer mais ne semble pas excéder 2 à 3 m. La médiocrité des conditions d'observation, l'intense plissement de cette série, déjà évoqué, et le caractère répétitif de ces horizons dans le Nord, ne permettent pas, dans l'état actuel des observations, de conclure à l'existence d'un horizon unique laminé et répété tectoniquement, ou de plusieurs bancs superposés. Dans la partie sud, les observations réalisées dans le secteur de Saint-Lô et sur la feuille Torigni-sur-Vire (en cours de lever) laissent, par contre, entrevoir l'existence d'au moins deux bancs majeurs de phtanites encadrés de niveaux plus fins décimétriques. Les levés réalisés sur cette feuille ont d'autre part mis l'accent sur la présence de deux contextes de sédimentation bien distincts : les phtanites apparaissant dans le Nord localisés en contexte « grauwackeux », alors qu'ils se situent, dans le Sud, dans un environnement purement silteux, en particulier de Bérigny à Saint-Lô. Les relations entre ces deux ensembles

phthanitiques nord et sud demeurent toutefois délicates à établir. L'existence de deux contextes bien distincts, « grauwackeux » au Nord, silteux au Sud, laisse logiquement envisager deux épisodes phthanitiques. Toutefois, rien n'empêche d'envisager également une phase siliceuse unique se surimposant à un milieu sédimentaire détritique différencié, grossier au Nord, évoluant vers des faciès fins au Sud (approfondissement du bassin, passages latéraux de faciès).

Outre l'intérêt stratigraphique, la cartographie détaillée de ces niveaux marqueurs apparaît ici extrêmement importante dans la mesure où elle permet très clairement de visualiser la structuration du bassin briovérien et, en particulier, l'importante virgation visible dans la bordure nord, obtenue par rebroussement de la stratification S0 et de la schistosité majeure S1, et induite par le jeu de l'accident décrochant senestre de la « faille limite » N70°E. Ces roches sont, très dures, noires, à cassure conchoïdale, fortement déformées, bréchifiées et lardées d'une multitude de petites veinules millimétriques de quartz, microplissées, blanches à rosées. Leur contact avec la roche encaissante apparaît franc (feuille Torigni-sur-Vire, en cours de lever), sans transition apparente. Elles sont silico-carbonées, essentiellement constituées de quartz micro à cryptocristallin (jusqu'à 97 %, analyses sur les phthanites de La Lande-des-Vardes ; M.J. Graindor, 1957) et de granules noirs à l'origine de la teinte noire de ces roches. Ces fines particules opaques, accessoirement dispersées dans la masse, sont le plus souvent concentrées en fines traînées noires conférant à la roche un aspect lité franc, marqué par une alternance de niveaux noirs et de niveaux plus clairs, gris. Des études récentes réalisées par M.P. Dabard (1997) ont permis d'identifier parmi ces granules la présence de graphite, souvent pulvérulent, à début de cristallisation en lamelles et en tablettes hexagonales. D'autre part, les dosages de carbone organique lui ont fourni des teneurs comprises entre 0,17 % et 0,50 %, inférieures à celle dosée sur un échantillon de schistes encaissants.

N° éch.	N2	N13	Lab87	Lab90	Lab91	Lab135a	Lab48
% C organique	0,17	0,51	0,34	0,50	0,38	0,18	1,53

Tableau 1 - Dosages de carbone organique dans des phthanites des formations de Saint-Lô (N) et de Lamballe (Lab) ; comparaison avec la concentration dans un schiste briovérien encaissant (Lab48) (in Dabard, 1997)

L'étude menée par M.P. Dabard (1997) sur la caractérisation des différents constituants moléculaires de cette matière organique a également fait apparaître, pour cette dernière, un degré de maturité tel qu'il empêche toute caractérisation organique. En l'absence d'informations directes sur la composition de cette matière organique, son origine n'a pu être envisagée qu'à

partir des observations faites sur les microorganismes contenus dans ces roches et, notamment, par les descriptions de C. Mansuy (1983) sur des globules noirs ou jaunes inclus dans ces organismes. Selon M.P. Dabard (1997), ces granulations polymorphes dispersées dans les phtanites correspondraient à ces globules, entiers ou fragmentés, issus de la dégradation de la matière organique originellement contenue dans les cellules des Cyanobactéries.

De fines paillettes de phyllites (illite—séricite) sont également observables ponctuellement, isolées ou en petits liserés associés aux passées riches en particules opaques. Quelques cristaux de pyrite peuvent également être distingués. Ce minéral est probablement d'origine sédimentaire ou diagénétique (Dabard, 1997). Cette description caractérise le faciès de référence de ces phtanites, lequel apparaît en microscopie très clairement distinct des faciès quartzitique et microquartzitique « limpides » visibles à l'état fragmentaire dans les grauwackes du Briovérien post-phtanitique. Le caractère bréchique de ces roches est nettement marqué et se traduit par l'observation microscopique d'éléments de phtanites noirs lités anguleux et microcristallins, cimentés par du quartz limpide, en plages engrenées à granulométrie plus grossière et dépourvues de pigmentation noire. Cette bréchification est considérée dans la majorité des cas comme étant synsédimentaire (Dabard, 1997). Cet ensemble bréchique se montre également recoupé par des veinules de quartz limpide associées à une phase de fracturation post-bréchification et silicification. Accessoirement, de la calcédoine en fibres rayonnantes peut s'observer en remplissage de veinules au contact d'éléments phtanitiques.

La mise en place de ces niveaux siliceux reste encore à l'heure actuelle controversée, mais pourrait selon L. Dupret et *al.* (feuille Saint-Lô, 1997) trouver son origine (précipitation siliceuse) dans le fonctionnement de l'arc volcanique de Montsurvent. Selon M.P. Dabard (1997), les phtanites, localisées dans le segment armoricain de la chaîne cadomienne, sont synchrones des premières manifestations effusives associées au fonctionnement de la subduction nord-armoricaine. Les sédiments issus du démantèlement du magmatisme d'arc se mettent en place dans un environnement peu profond, sporadiquement émergé, situé entre un littoral à tapis algaires et une zone d'« offshore » supérieur où la dynamique des dépôts est contrôlée par l'action des tempêtes. Ces niveaux siliceux résultent de processus diagénétiques de silicification, sous conditions de pH et Eh induites par la dégradation de la matière organique et par les circulations d'eaux vadoses. Les phénomènes hydrothermaux invoqués jusqu'à présent n'auraient qu'une influence très limitée.

b1S. Siltites, siltites ardoisières et argilites lustrées, à veinules de quartz. Sur le plan distribution, les faciès silteux sont largement représentés

et forment une série de bandes orientées N70° à N80°E, alternant cartographiquement avec les horizons de grauwackes. Dans la partie sud-ouest, en particulier dans les secteurs de Montfiquet, Bérigny et Saint-Georges-d'Elle, ces faciès deviennent prédominants sur les faciès gréseux et constituent une vaste bande orientée NE-SW d'une quinzaine de kilomètres de long sur 2,5 km de large, se poursuivant et s'élargissant encore vers l'Ouest en direction de Saint-Lô (feuille Saint-Lô, Dupret et *al.*, 1997 ; feuille Torigni-sur-Vire, en cours de lever).

Globalement, les siltites sont nettement dominantes sur les argilites ; les siltites à tendance ardoisière sont fréquentes et localisées en apparence majoritairement dans la partie sud de cet ensemble briovérien phanérozoïque.

Ces roches sont à grain fin, à aspect fréquemment lustré, de couleur sombre, noire, gris sombre à vert sombre, et à débit schisteux en plaquettes plus ou moins prononcé.

Les siltites sont rubanées, constituées d'une alternance de niveaux silteux et argilitiques, centimétriques à pluridécimétriques, renfermant quelques lits plus gréseux, millimétriques à centimétriques. Les passées silteuses sont essentiellement composées de phyllites (illite et chlorite verte) et de quartz, avec quelques éléments détritiques plus grossiers individualisés et dispersés, principalement du quartz et du plagioclase, en majorité anguleux et monocristallins. On y observe également quelques plages trapues et isolées de chlorite verte, de la tourmaline verte détritique, du zircon et de fines lamelles détritiques de muscovite. Les argilites, dépourvues d'éléments détritiques grossiers, sont constituées d'une fine trame phylliteuse, riche en particules opaques notamment des sulfures et oxydes de fer, à l'origine de la teinte brune de la roche, mais également des minéraux en baguettes (ilménite). La minéralogie de ces faciès reste globalement constante, alors que la granulométrie apparaît variable aussi bien latéralement que verticalement. Les lits silteux sont fréquemment étroitement imbriqués avec les lits argilitiques, conférant à la roche un aspect lité caractéristique. Certains horizons argilo-silteux présentent localement un caractère ardoisier plus ou moins bien marqué.

Les intercalations gréseuses sont fines, présentant un contact avec les siltites bien tranché, mais souvent irrégulier évoquant, dans ces faciès très déformés, la présence de figures sédimentaires de type litage oblique ou entrecroisé. Ces passées plus grossières ont une composition minéralogique similaire à celle des siltites, mais sont, en proportion, nettement plus riches en quartz et pauvres en phyllites. Ces niveaux détritiques plus grossiers sont accessoires au sein de ces horizons massifs de siltite et trop réduits du point de vue puissance pour être individualisés cartographiquement.

La notation b1S utilisé ici doit être interprétée comme rendant compte d'une nette dominance du pôle siltite, sans pour autant exclure la présence dans ces horizons d'intercalations réduites de grauwackes.

Ces formations sont affectées par une schistosité de flux S1 très nette, en particulier dans les niveaux très phylliteux, soulignée par une orientation des minéraux phylliteux (illite-chlorite) et l'alignement des particules opaques. Dans la majorité des cas, cette schistosité est subparallèle à parallèle au plan de stratification S0 (notamment défini par les alternances siltites-grauwackes), et à l'origine du débit subardoisier visible par endroits. Elle apparaît localement, au voisinage de zones fortement faillées (faille de la Drôme), affectée par une schistosité de crénulation S2, microplissant à son passage la S1-S0 et réorientant de façon mécanique les phyllites. Aucune néoformation minérale n'apparaît clairement marquée. Par contre, on distingue quelquefois des plages grossières de muscovite, statique, nettement sécantes sur la S2 et en apparence tardives (post-S2).

Ces faciès sont régulièrement recoupés par des petits filonnets de quartz de différentes générations dont certains clairement anté-S1, d'autres syn- à tardi-S2.

Du point de vue altération, ces faciès fins apparaissent au contact du Trias fortement altérés et rubéfiés sur quelques mètres et présentent alors des caractères proches de ceux des pélites rouges du Permien, rendant délicate toute attribution de ces faciès au Briovérien ou au Permien. C'est en particulier le cas au Nord-Ouest de la feuille, dans le secteur de Moon-sur-Elle.

Briovérien post-phtanitique : Formation de Granville (585-540 Ma)

Le Briovérien supérieur est composé de siltites, siltites ardoisières, argilites, grauwackes et grès fins. Ces roches sont généralement désignées dans le pays sous l'appellation de « schistes ». Le terme de tuf est très localement utilisé dans la partie ouest (Briovérien inférieur) pour désigner les faciès plus grossiers. Cet ensemble supérieur est caractérisé, dans sa partie basale, par l'apparition de faciès conglomératiques en contexte « grauwackeux », reprenant les niveaux inférieurs sous-jacents, notamment les phtanites, et reposant sur les siltites b1S. Ces conglomérats sont surmontés de siltites (b2S). La présence de ces éléments de phtanite remanié dans les conglomérats, mais également dans les grauwackes, est à l'origine de la définition de l'ensemble briovérien post-phtanitique. L'apparition de ces faciès conglomératiques marque clairement une modification brutale dans le régime des apports. Cette discontinuité sédimentaire est probablement liée à un événement majeur affectant la bordure du bassin briovérien.

Les terrains du Briovérien supérieur présents sur le territoire de la feuille Balleroy sont essentiellement localisés dans le quart sud-est de la feuille, disposés dans une structure synforme centrée sur l'axe Litteau-La Bazoque- Balleroy. Cette structure se ferme au Sud-Ouest sur la feuille Torigni-sur-Vire (en cours de lever) et repose directement, sans contact anormal visible, sur les formations du domaine inférieur visibles au Nord et au Sud. Les formations de Saint-Lô et Granville sont dans cette zone concordantes, orientées globalement N65° à N70°E, à pendages redressés, et apparaissent de façon identique affectées par une même phase de plissement à plis serrés. Cette dernière est à l'origine de nombreux replis, matérialisée notamment dans ce secteur par une répétition des niveaux conglomératiques dans la synforme et des bancs lenticulaires de phtanites situés en bordure. La limite séparant sur la carte les deux formations briovériennes n'a été fixée qu'à titre indicatif dans la mesure où, étant donné les nombreux replis affectant ces ensembles, il apparaît délicat de faire la distinction entre les siltites b1S et les siltites b2S encadrant les conglomérats. Cette limite se base essentiellement sur la disparition au Sud des pointements de phtanites. Ces terrains peuvent également être observés dans le quart nord-ouest de la feuille sur Saint-Clair-sur-Elle. Les faciès de la Formation de Granville s'organisent globalement autour de deux pôles, constituant des bancs massifs de puissance plurimétrique à pluridécamétrique :

- un pôle à nette dominante silto-argilitique dénommé b2S, susceptible de renfermer des intercalations grauwakeuses, mais trop réduites pour être figurées ;

- un pôle à nette dominante « grauwakeuse » dénommé b2G, au sein duquel s'individualisent des formations microconglomératiques à conglomératiques (1) situées à la base de la série, mais également des passées à granulométrie plus fins. Ces faciès peuvent également être interrompus par de fines passées silteuses impossibles à cartographier.

Ces différents horizons de siltites ou de grauwalkes figurés demeurent, sur l'ensemble de la zone, identiques du point de vue des constituants minéralogiques, mais peuvent, par contre, présenter des variations d'ordre granulométrique impossibles à cartographier aux échelles de 1/25 000 et de 1/50 000 et expliquant le regroupement de ces faciès sous les deux notations b2S et b2G. L'organisation verticale de ces différentes formations apparaît très aléatoire, en raison (1) de l'absence, en dehors des faciès conglomératiques, de véritables niveaux « repères » permettant de caler la série ; (2) de la rareté des éléments structuraux (plans de stratification peu nombreux, plans de schistosité inexistantes) due aux forts recouvrements et à la médiocrité des affleurements ; (3) du caractère répétitif de ces horizons (lié à une phase de déformation à plis serrés). D'après les observations effectuées, les faciès conglomératiques à galets de phtanite, de quartz, de grès, de roches volcaniques et plutoniques constituent probablement la base de cet ensemble

briovérien supérieur et s'intègrent dans un horizon plus ou moins massif de grauwackes grossières à fines de type b2G, affecté par une série de plis déversés vers le Nord-Ouest. Cet épisode détritique grossier fait suite à une phase de sédimentation fine caractérisée par des siltites ardoisières-argilites b1S microplissées à veinules de quartz. Ce faciès grésu-conglomératique apparaît surmonté par un horizon massif silto-argilitique de type b2S à caractère ardoisier plus ou moins marqué selon les zones.

Les affleurements présents sur Balleroy sont beaucoup trop restreints et médiocres pour que l'on puisse réellement observer en continu la succession lithologique telle qu'elle est ici présentée. Celle-ci ne constitue qu'une proposition basée sur différentes observations et constatations réalisées sur l'ensemble de la zone étudiée.

D'un point de vue pratique, les limites figurées sur la carte entre les ensembles silteux et « wackeux », inférieurs ou supérieurs, doivent être considérées comme des limites de passage et non comme des limites strictes en raison notamment de la médiocrité et de la discontinuité des affleurements.

b2S. Siltites, siltites ardoisières et argilites. Les siltites constituent une série de bandes orientées N70° à N90°E, alternant cartographiquement avec les niveaux de grauwackes. Elles sont en particulier observables dans les secteurs de Liteau, La Bazouque, Balleroy, Castillon et Planquery. Le caractère répétitif de ces horizons confirme également, ici, l'existence d'une phase de déformation à plis serrés, orientés cartographiquement N70° à N90°E.

Les siltites et argilites à caractère ardoisier apparaissent prédominantes et massives dans la partie nord, à proximité du contact avec l'unité inférieure. Ce caractère ardoisier est probablement accentué par des phénomènes de déformation plus intenses dans cette zone. Deux faciès lithologiques majeurs ont été distingués, des argilites et des siltites plus ou moins litées. Ces roches, de teinte grise à verdâtre, noire à bleutée pour les siltites ardoisières, constituent des petits bancs de puissance millimétrique à plurimétrique, organisés en alternances rythmiques, plus ou moins bien granoclassées, rubanées, dues à une alternance siltites—argilites ou à une simple variation granulométrique au sein des siltites. Elles sont localement interrompues par de fines intercalations « grauwackeuses ». Les limites entre les lamines de siltites ou d'argilites et les passées grauwackeuses sont en général bien tranchées, mais souvent irrégulières, en liaison avec des figures sédimentaires de courants (« flutecast ») et/ou de charges (« loadcast »). Ces figures sédimentaires demeurent toutefois très discrètes. Les siltites sont dominantes sur les argilites, ces deux faciès se montrant cependant en général étroitement imbriqués, et présentent localement des traces de figures sédimentaires de type litages obliques ou entrecroisées. Un granoclassement vertical des éléments, plus ou moins bien exprimé selon l'échelle d'obser-

vation (centimétrique pour les siltites et pluridécimétrique à métrique pour les grauwackes intercalées), peut être observé. Quelques niveaux d'argilites noires, constituées de matériel argilo-silteux, à matrice phylliteuse très fine, et riches en fines particules opaques peuvent également être observés au sein de cette formation b2S. Ces siltites-argilites dominantes à intercalations grauwackeuses sont interprétées comme des dépôts de type turbidites (Garlan, 1985) mis en place dans un bassin marin situé en bordure d'une zone tectoniquement instable, régulièrement alimentés par les matériaux accumulés en marge du bassin et remis en mouvement sous des effets d'instabilités gravitaires (courants de turbidité). La puissance de ces horizons peut être estimé entre 100 et 200 mètres.

Outre la présence des faciès standards, cette formation b2S est caractérisée par un important développement dans la bordure nord, selon un axe Castillon-Balleroy-La Bazoque, de siltites à caractère ardoisier. Ce faciès « ardoisier » a fait l'objet de nombreuses exploitations plus ou moins importantes (la Carrière et le Puits du Diable à La Bazoque, Castillon en bordure de ruisseau) pour la couverture locale des toitures et l'édification de murs d'habitation et de murets. La qualité de ces « ardoises » reste cependant médiocre en raison notamment des nombreux plans de cassure probablement induits, entre autres, par l'accident majeur de la Drôme, et réduisant considérablement la taille des plaques.

Ces roches sont à grain très fin, de couleur grise, gris-beige, gris verdâtre, gris bleuté à noir, et à débit en fines plaquettes. La matrice de ces roches est finement cristallisée, orientée, constituée de phyllites (chlorite, séricite) et de quartz, au sein de laquelle s'individualisent des éléments détritiques fins composés de quartz en petites plages anguleuses à arrondies, lancéolées, monocristallines, de grains de feldspaths, de quelques amas chloriteux, de rares zircons, de tourmaline verte, de muscovite détritique et de nombreux minéraux opaques. Ces roches apparaissent à l'état altéré fréquemment teintée en brun par les oxydes et hydroxydes de fer. La granulométrie et la proportion en éléments détritiques restent cependant très variables, conférant à certains horizons un aspect lité, rubané, très caractéristique.

Les argilites sont essentiellement phylliteuses (séricite et chlorite) et fréquemment chargées en particules opaques. La présence de fines intercalations plus grossières à tendance grauwackeuse permet de visualiser la S0. Ces deux faciès sont affectés par une schistosité de type flux, S1, matérialisée par un alignement des phyllites et des particules opaques subparallèles à parallèles aux plans de stratification S0 (en dehors des charnières de plis), ces derniers étant identifiés par la présence de fines intercalations plus gros-

sières à tendance grauwackeuse. Ces plans S1 sont à l'origine du débit principal de la roche.

Du point de vue altération, ces faciès fins apparaissent, au contact du Trias, fortement altérés et rubéfiés sur quelques mètres et peuvent se présenter sous un faciès proche de celui des pélites rouges du Permien. La distinction entre ces faciès peut alors apparaître délicate, notamment dans le secteur de La Meauffe où l'on se trouve en présence simultanément de siltites briovériennes rubéfiées, de pélites rouges permienues et d'argiles rouges triasiques.

b2G. Grauwackes et grès fins. L'attribution de ces grauwackes au Briovérien post-phtanitique est principalement basée sur la présence d'éléments phtanitiques remaniés du Briovérien inférieur. Toutefois, si la présence de ces éléments est nette dans les conglomérats, elle apparaît déjà nettement plus discrète dans les faciès grauwackeux, en particulier au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers le Sud, c'est-à-dire de la zone d'alimentation. L'absence de phtanites remaniées dans certains horizons grauwackeux doit, par conséquent, être interprétée avec la plus grande circonspection. Ces faciès sont également loin d'être homogènes et peuvent renfermer quelques intercalations silteuses. Ils sont particulièrement bien développés sur la commune de Balleroy, au niveau du parc du château, ainsi que sur La Bazoque, Planquery (Bois de Baugy), et Torteval. Ils constituent plusieurs bandes, plus ou moins parallèles, orientées en majorité N70° à N90°E, paraissant cependant s'orienter selon une direction N50°E dans la partie SE. Leur puissance peut également être estimée entre 100 et 200 mètres. Deux bandes majeures (plus de 1 km de large) peuvent être individualisées, la première au niveau du Bois de Baugy, à grain moyen à grossier, appartenant à la synforme de Balleroy, et la seconde, dans le Sud-Est de la carte, sur la commune de Torteval, à rattacher à l'unité (b2) de Torigni-sur-Vire (en cours de lever). Au niveau cartographique, la présence répétitive de bancs parallèles grauwackeux et silteux, orientés N70° à N90°E, en particulier dans la synforme de Balleroy, et la réapparition des conglomérats dans la bordure sud de cette dernière, attestent très clairement de l'existence d'une phase de déformation à plis serrés d'orientation moyenne N70° à N90°E. Les roches sont d'origine terrigène, de couleur grise à verte à l'affleurement, souvent à l'état désagrégé et pulvérulent, gris sombre et compactes en profondeur. Elles correspondent à des wackes immatures de granulométrie fine à grossière, composées de débris monominéraux dominants (quartz, plagioclase) et d'éléments lithiques (quartzites, microquartzites, phtanites, siltites, argilites, roche intrusive à quartz et plagioclases, roches volcaniques), en majorité anguleux, non classés, hétérométriques et dispersés dans une matrice silto-argileuse à quartzeuse (localement) très développée. Les grains détritiques monominéraux sont composés de quartz (pouvant atteindre 1 mm), en plages anguleuses,

lancéolées, en échardes ou subsphériques, parfois à caractère volcanique net, et de plagioclase en plages anguleuses à arrondies, parfois trapues et subautomorphes, plus ou moins séricitisées. On y observe également quelques grains associant quartz et plagioclases, des plages de quartz polycristallin (peu), du zircon, de la tourmaline détritique verte, de rares plages détritiques de microcline et de biotite (cette dernière très altérée), de grandes lamelles déformées de muscovite détritique et de fréquents minéraux opaques. Les éléments lithiques sont généralement plus grossiers, plus usés, de forme ovoïde et représentés par des fragments de quartzite ou microquartzite limpide, parfois micacés, des fragments de siltite—argilite et des éléments de roches volcaniques et plutoniques, en particulier des fragments de roches grenues à microgrenues à plagioclase en lattes enchevêtrées, et des éléments de laves à pâte vitreuse et à phénocristaux de plagioclase. Quelques éléments de phtanite *s.s.* (riches en granules noirs) remaniés peuvent y être distingués, en particulier dans les faciès situés à proximité des niveaux conglomératiques. Ces différents constituants sont pris dans un ciment quartzo-phylliteux, plus ou moins développé selon les horizons, localement réduit, mais évoluant préférentiellement - à la différence des faciès grauwackeux du Briovérien inférieur - vers un pôle plus phylliteux (séricite et chlorite). Une schistosité S1 marquée, subparallèle à S0, nettement plus frustrée que dans les faciès silteux, peut être identifiée par l'alignement des phyllites. Dans les zones fortement faillées, on peut également distinguer une seconde schistosité S2, crénulante S1 et microplissant les phyllites.

Les *faciès conglomératiques* (1) se localisent en majorité au Sud de la Drôme, répartis de part et d'autre d'un axe passant par Bérigny, Liteau, La Bazoque, Balleroy et Castillon, soit sur une quinzaine de kilomètres. On les retrouve également plus au Sud, au niveau du Bois de Baugy et de la butte des Monts (Sud-Ouest de Planquery). Par contre, ils disparaissent totalement au Sud-Ouest de Bérigny. Enfin, des faciès microconglomératiques à conglomératiques similaires ont également été repérés dans la partie nord-ouest de la feuille, à proximité de la bordure mésozoïque sur la commune de Saint-Clair-sur-Elle. Ces derniers, très déformés, renferment également des petits galets de phtanites remaniés et sont situés dans un environnement similaire à celui des conglomérats du Sud, à savoir à proximité de lentilles phtanitiques. Leur puissance reste difficile à estimer, de quelques dizaines de cm à 2-3 m. Bien qu'un niveau majeur conglomératique paraisse clairement ressortir, l'existence de récurrences de même type mais plus réduites paraît être évidente à la vue des levés. Ces conglomérats constituent, sur le plan stratigraphique un excellent niveau repère que l'on retrouve plus au Sud sur la feuille de Torigni-sur-Vire, et correspondent sans aucun doute à une discontinuité sédimentaire majeure dans l'histoire sédimentaire du Briovérien. Ces conglomérats n'apparaissent en général dans les champs qu'à l'état d'épandages de galets alignés sur une surface pouvant atteindre

1 km de long sur 250 m de large. Ils ont également été observés à l'affleurement, en particulier le long de la Drôme entre le Moulin Bacon (Planquerry) et le Moulin des Essarts (La Bazoque). Connus sur le plan régional sous différentes appellations telles que « schistes à galets », « tillites » ou les diamictites, ils apparaissent ici sensiblement identiques aux conglomérats observés plus à l'Ouest sur les feuilles Saint-Lô, Coutances, Granville et Avranches et présentent certaines similitudes avec ceux décrits plus au Sud sur Domfront, La Ferté-Macé et Villaines-la-Juhel. Ces conglomérats sont constitués de galets centimétriques à pluridécimétriques, atteignant localement 40 cm (feuille Torigni-sur-Vire, en cours de lever), noyés dans un ciment très développé, en majorité grauwakeux, gris à vert. Dans la partie sud, en particulier sur la feuille Torigni-sur-Vire, ces faciès conglomératiques renferment de fréquentes passées de type « schistes à galets » (galets dispersés dans un ciment silteux). Ces galets sont mal classés, arrondis à lenticulaires plus ou moins aplatis, subjointifs ou dispersés dans la matrice, de nature sédimentaire, volcanique et plutonique. Les éléments de roches volcaniques en particulier sont abondants. On distingue notamment des galets :

- de roche grenue très altérée constituée d'une mosaïque de cristaux engrenés de quartz, plagioclases, feldspath potassique, biotite chloritisée, reliquat de hornblende, muscovite, et localement fort développement de bourgeons myrmékitiques avec tendance vers une structure graphique ;
- de roche grenue à microgrenue à texture doléritique, constituée de plagioclases en lattes enchevêtrées ;
- de pyroclastite à fond finement cristallisé à quartz, phyllites, probablement zéolite, renfermant des phénoblastes de plagioclase (en majorité) dont certains en échardes ;
- de lave à texture sphérolitique (rhyolite, ignimbrite), constituée de nombreux sphérolites de quartz en fibres rayonnantes, grisâtres et \pm alignés, bordés de quartz et de plagioclases, avec présence de petites plages interstitielles de carbonates et probablement de zéolites ;
- de lave à fond très finement cristallisé à quartz et plagioclase en plages engrenées, renfermant des globules de quartz volcanique (1 à 1,5 mm) aux formes bien arrondies, sphériques, avec localement golfes de corrosion, ainsi que des porphyroblastes de plagioclase ;
- de phanite *s.s.*, riche en matière carbonneuse, sous son faciès bréchi que caractéristique et lardé de veinules de quartz ;
- de grauwake fine à grossière, de siltite, de quartzite et de microquartzite limpide, ce dernier localement à rares fantômes de phénocristaux de feldspath complètement séricitisés.

Ces galets sont pris dans un ciment grauwakeux, en général très développé, constitué de petits galets et surtout de grains détritiques très immatures, anguleux, monominéraux (quartz, certains à caractère rhyolitique, pla-

gioclase, zircon, tourmaline muscovite) et lithiques (compositions identiques à celles des galets). Le ciment de ces grauwackes est quartzo-phylliteux, à quartz finement cristallisé associé à des phyllites (séricite, chlorite).

Ces faciès conglomératiques apparaissent en général fortement déformés, fréquemment recoupés par des filonnets de quartz découpant et décalant les galets, et affectés par une schistosité matérialisée par l'alignement des phyllites et disposée parallèlement à l'allongement des galets. Cette schistosité (S1 probable) apparaît très localement en contexte faillé, reprise par une schistosité très frustrée et très discrète (S2) ondulant la S1. L'angle entre ces deux schistosités est de l'ordre de 30°.

• **Conclusion.** Les différentes observations réalisées sur cette feuille ont permis de distinguer deux ensembles briovériens, un ensemble inférieur (b1), correspondant à la Formation de Saint-Lô, caractérisé en particulier par des intercalations de phtanite, et un ensemble supérieur (b2), la Formation de Granville, marqué par la présence d'éléments de phtanite remaniés, et l'existence dans la partie basale d'un conglomérat. Les différences entre ces deux termes (b1) et (b2) apparaissent, hormis la présence de phtanite et d'un conglomérat, extrêmement minimes ; l'origine et la nature des matériaux détritiques ayant contribué à la formation des différents terrains (b1) et (b2) sont en apparence très proches. Aucune hétérogénéité majeure n'a pu être distinguée, ainsi que le confirme les études minéralogiques, géochimiques et structurales réalisées par J. Chantraine et *al* (1983) sur la Normandie et notamment sur cette zone. Ces deux ensembles peuvent être assimilés à une série sédimentaire détritique immature, à héritage en partie volcanique, essentiellement constituée de quartz, albite, illite et chlorite. Ces formations présentent, comme dans le restant de la Normandie, des teneurs en bore caractéristiques d'un milieu de dépôt marin à salinité normale, mais se singularisent, comme en Bretagne centrale, par leur pauvreté en calcium, carbone organique, et minéraux lourds (Chantraine et *al*, 1983). Quelques critères permettent cependant de les différencier :

- la présence d'horizons repères : les phtanites et les grès tufacés type Rampan pour le Briovérien inférieur (b1), et les conglomérats et grauwackes à éléments remaniés de phtanite pour l'ensemble supérieur (b2) ;
- les formations (b1), en particulier les siltites, apparaissent fréquemment lardées de filonnets et lentilles de quartz (quartz blanc filonien ou d'exsudation) que l'on retrouve en abondance à l'état de fragments dans les labours ;
- ces mêmes formations (b1) présentent également en général un caractère nettement plus lustré, une patine rouille marquée, une teinte en général plus sombre et un degré d'altération plus prononcés ; elles se montrent également fréquemment affectées par des microplis (échantillons en « volantes »). Ce degré de déformation, plus intense dans les terrains (b1), avait également été

souligné par J. Chantraine et *al.* (1983), lesquels signalaient une schistosité nettement plus développée (type 4 et 5) dans les terrains situés au Nord de Balleroy et au Sud de Cormolain. Ces terrains correspondent bien aux formations bl et encadrent les formations b2 à schistosité moins intense de la synforme de Balleroy ;

- les observations réalisées en microscopie font également ressortir pour les faciès détritiques grossiers du Briovérien inférieur une tendance plus quartzeuse des ciments.

Concernant les relations géométriques et le passage entre ces deux ensembles, aucune discontinuité structurale ni contact faillé majeurs n'ont été mis en évidence à l'échelle de la feuille ; les couches bl et b2 apparaissant concordantes, à directions et pendages similaires, et affectées par la même phase de plissement. La transition est d'ordre sédimentologique, marquée ici par une discontinuité sédimentaire représentée par les faciès conglomératiques. Le dépôt brutal de ces conglomérats fait suite à une période de sédimentation détritique terrigène, en apparence relativement calme, en bordure de bassin, se terminant par la mise en place de faciès fins silteux, lustrés et ardoisiers (b1S). Cette décharge grossière (éléments atteignant 40 cm sur la feuille Torigni-sur-Vire) traduit une rupture brutale importante dans le régime des apports, liée à un événement majeur touchant l'ensemble de la région. La nature de cet événement reste incertaine, mais peut correspondre à une phase d'instabilité tectonique au niveau de la bordure du bassin, éventuellement amplifiée par des phénomènes climatiques (fortes crues). Ces faciès conglomératiques à galets dispersés dans une matrice grauwackeuse ou silteuse sont assimilables à des dépôts de type « debris flow », mis en place sous l'effet de courant gravitaire de type turbiditique, dans un environnement sous marin de pied de pente. On peut en effet penser que ces conglomérats sont simplement issus d'une remobilisation, sous les effets de mouvements tectoniques et/ou climatiques, de matériel détritique grossier accumulé sur le talus continental, et déposé au pied de ce même talus, plus précisément au niveau de canyons et chenaux entaillant sa base. Cette hypothèse rejoint celle émise par T. Garlan (1985) (fig. 3), lequel signale également, comme dans le cas présent, au niveau du site de La Sorrière (Manche), une simple évolution stratigraphique entre les termes du Briovérien inférieur (bl) et le conglomérat du Briovérien supérieur.

Cette bordure conglomératique marque clairement la limite nord du bassin mancennien, proche du talus continental ou tout du moins de la zone d'alimentation, les niveaux à phtanite (par exemple) n'étant ici distants que de quelques kilomètres. Les galets de roches grenues, mais également de laves acides à basiques, sont probablement issus du démantèlement des métamorphites et roches plutoniques du massif de Coutances décrites à une trentaine de kilomètres plus à l'Ouest (feuille Saint-Lô, Dupret et *al.*, 1997).

Toutefois, compte tenu de la structuration du Briovérien et de la distribution de ces faciès, il apparaît logique d'envisager, par rapport à ce qui est connu actuellement, la présence d'une extension vers le Nord-Est sous la couverture triasique du massif de Coutances. Enfin, sur le plan régional, les observations réalisées lors du lever de cette feuille font clairement ressortir une structuration NE-SW de cette partie du bassin mancennien identique à celle déjà observée plus au Sud sur les feuilles Mortain, Domfront et Landivy.

PALÉOZOÏQUE

Les formations paléozoïques sont essentiellement représentées par les terrains du Carbonifère et du Permien, reposant en discordance sur le socle protérozoïque. Ces terrains sont principalement visibles sur cette feuille sur les communes d'Airel, Cartigny, Saint-Marcouf, Bernesq et Le Molay-Littry, au sein de la dépression permo-carbonifère du Molay-Littry, siège jadis des exploitations de charbon. Cette dépression fait partie intégrante du bassin permo-carbonifère de Carentan. Le Cambrien n'a été jusqu'à présent reconnu sur cette zone qu'en sondages (sondages de Port-Ribet-Saint-Frmond ; cote 824 m) dans le bassin de Carentan, sous la forme de grès et d'arkoses. Aucun affleurement silurien ou dévonien n'a été mis en évidence sur cette coupure. Concernant l'Ordovicien, un affleurement très ponctuel de Grès armoricain a été distingué sur la commune de Colombières. Dans cette partie traitant des terrains paléozoïques, sera évoqué le problème posé par la position stratigraphique des calcaires de La Meauffe et de leur attribution toujours très problématique au Protérozoïque supérieur ou au Paléozoïque.

Ordovicien

Les terrains de l'Ordovicien sont limités sur cette zone au « Grès armoricain ».

o2. Formation du Grès armoricain (Arénig). Le seul affleurement connu est localisé dans une ancienne carrière située sur la commune de Colombières. Cette carrière exploitait un îlot affleurant de grès armoricain s'ennoyant très rapidement sous la couverture triasique. Faiblement déformé et penté (pendage de 20° vers le Nord), l'Arénig est ici représenté par son faciès banal de quartzite gris à blanc, à grain hétérométrique, en gros bancs. Cet affleurement marque la limite septentrionale du bassin permo-carbonifère de Carentan.

Carbonifère

h5. Formation du Molay-Littry : grès, poudingues, houille, schistes noirs et coulées volcaniques (Stéphanien). Constitué de terrains houillers autrefois exploités dans la région du Molay-Littry (Vieillard, 1874 ; Bigot, 1948), le Carbonifère n'a été repéré à l'affleurement qu'au voisinage de la faille limite qui borde le Briovérien. Sur la commune du Molay-Littry, les terrains houillers sont subaffleurants, notamment à l'emplacement de l'ancienne fosse Bénard (aux alentours de la place du marché du Molay-Littry) où le charbon sain est atteint dès la surface. En revanche, à Tournières et sur le coteau de Montmirail (hameau de Goville, commune du Breuil-en-Bessin), le Carbonifère est représenté par des roches volcaniques (basaltes et andésites). L'extension souterraine des terrains houillers, reconnue à la suite de nombreux travaux d'exploitation et de recherches, est beaucoup plus grande. Il est conseillé au lecteur de se reporter à l'ouvrage de C. Pareyn (1954) pour plus d'informations. Les principaux traits caractéristiques des séries houillères du bassin de Carentan, plus précisément de la dépression houillère du Molay-Littry, sont donnés ci-dessous.

L'ensemble des ouvrages profonds régionaux réalisés sur l'emprise des feuilles 1/50 000 Carentan et Balleroy a permis de reconnaître l'extension et la géométrie des terrains houillers. Ceux-ci sont disposés au sein d'une vaste dépression limitée :

- au Sud, par la faille limite, le long de laquelle les séries houillères sont affleurantes ou subaffleurantes ;
- au Nord, par la barre paléozoïque de Colombières, à proximité de laquelle le toit du Carbonifère est affaissé à la cote -230 m (sondage d'Engreville) ;

Les limites Est et Ouest sont différentes :

- vers l'Ouest, les assises s'ennoient profondément ainsi que l'ont montré les sondages de Lison où le toit de ces formations a été atteint à la cote de -395 m, et de Saint-Fromond (fig. 4 ; feuille Carentan ; sondage 117-4-20, x = 350,075 ; y = 1175,675) où le toit a été touché à la cote -530 m ;
- vers l'Est, ces formations s'ennoient également, mais sous la cuesta liasique (Saon, Le Breuil).

Le bassin houiller montre donc un plongement rapide des assises vers le Nord qui est attribué à l'activité de failles syn- et post-sédimentaires plus ou moins parallèles à la faille limite (N70°E). Un fort plongement apparaît également vers l'Ouest, accentué par l'activité permo-carbonifère de la faille de la Vire.

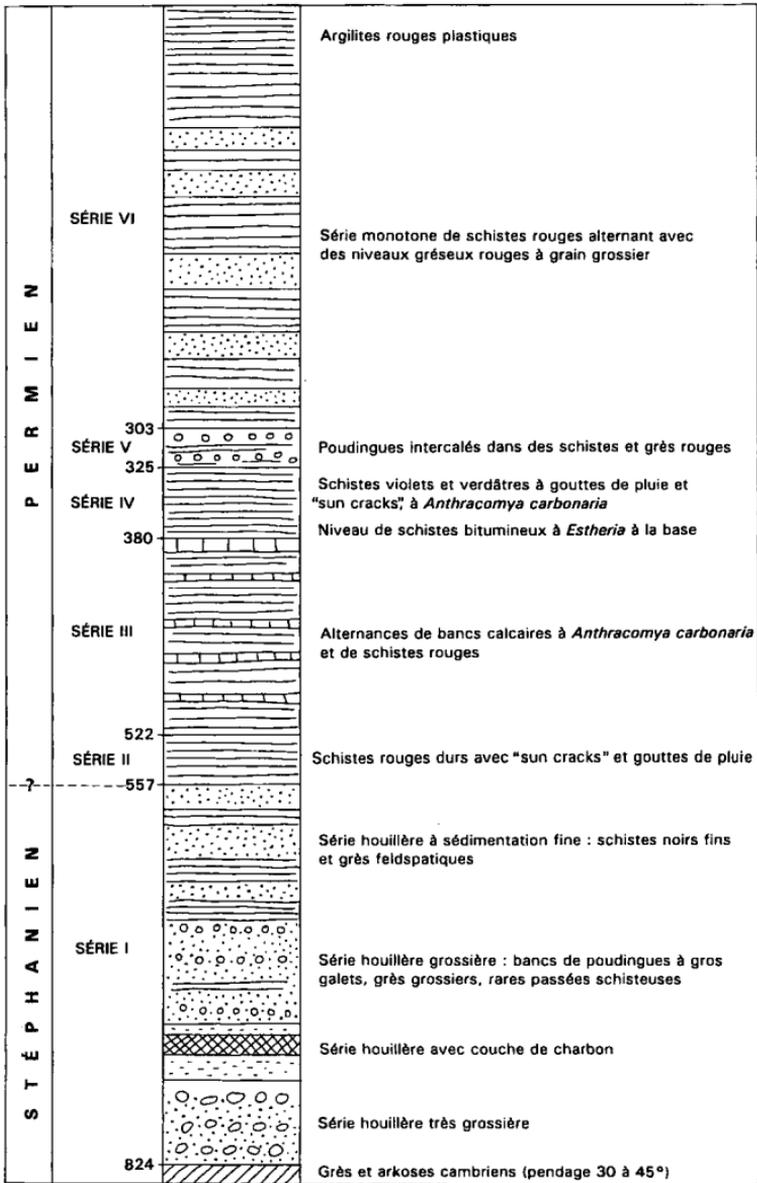


Fig. 4 - Sondage de Port-Ribet - Saint-Fromond (1917) ; n° 117-4-20
 (d'après C. Pareyn, 1954 et J. Aubry, 1982)
 x = 350,075 y = 175,675 z = + 3

Schématiquement, la formation houillère de la dépression du Molay-Littry est constituée (fig. 5 et 6) à la base d'une série détritique grossière de 140 m de puissance (maximum), reposant sur le socle cambrien et composée de lentilles de grès et de poudingues à galets de grès paléozoïques et de phtanites au sein de laquelle sont intercalées des coulées volcaniques. Cette assise est surmontée par une couche de houille de 2 m de puissance maximum, autrefois exploitée, et attribuée au Stéphanien grâce à son cortège pollinique, puis par une série supérieure de 48 m de puissance (maximum), à grain beaucoup plus fin, composée de schistes noirs et de grès feldspathiques, comportant quelques décharges conglomératiques remaniant, entre autres, les coulées volcaniques, et contenant quelques passées charbonneuses. Le passage à l'Autunien se fait de manière insensible par l'apparition de niveaux schisteux rouges et de bancs calcaires de plus en plus nombreux. La reconstitution du gisement par C. Pareyn (1954) a permis de reconnaître que les zones productives étaient localisées, dès l'origine, dans des dépressions subsidentes séparées par des seuils essentiellement constitués de roches volcaniques de la série basale (fig. 7).

Les cuvettes houillères identifiées sont au nombre de 6 (cf. carte). La plus importante et la dernière exploitée est celle de Fumichon (ferme des Fosses) à proximité du pont de l'Esque, entre Bernesq et Saint-Martin-de-Blagny. Ces cuvettes sont en général surmontées par des remplissages permien et triasiques qui atteignent plus de 150 m au niveau du bassin Fumichon, et entre 20 et 60 m au bassin de la Rogerie. Seuls les bassins Pelcoq et Floquet, ainsi que l'« Ancien Bassin » (fig. 8 et 9), offrent des séries houillères affleurantes ou subaffleurantes par relèvement de leurs assises le long de la faille limite.

La sédimentation carbonifère est contrôlée par la distension postorogénique responsable de la mise en place du bassin subsident de Carentan et de l'extrusion de coulées volcaniques.

Permien

Les formations permiennes présentes sur la feuille Balleroy font partie d'un vaste bassin, le bassin de Carentan, lequel, dans les limites des séries permiennes reconnues (Pareyn et *al*, 1982), atteint 40 km d'Est en Ouest et 20 km du Nord au Sud. Ce bassin permien correspond globalement à un graben orienté Ouest-Est, encadré par deux accidents paléozoïques dont un, la « faille limite », présent sur cette feuille, constitue sa limite sud.

Autunien : calcaires lités, schistes rouges, grès et conglomérats rouges, pélites lie-de-vin. Les terrains d'âge permien sont largement représentés dans le quart nord-ouest du territoire de la feuille de Balleroy, en

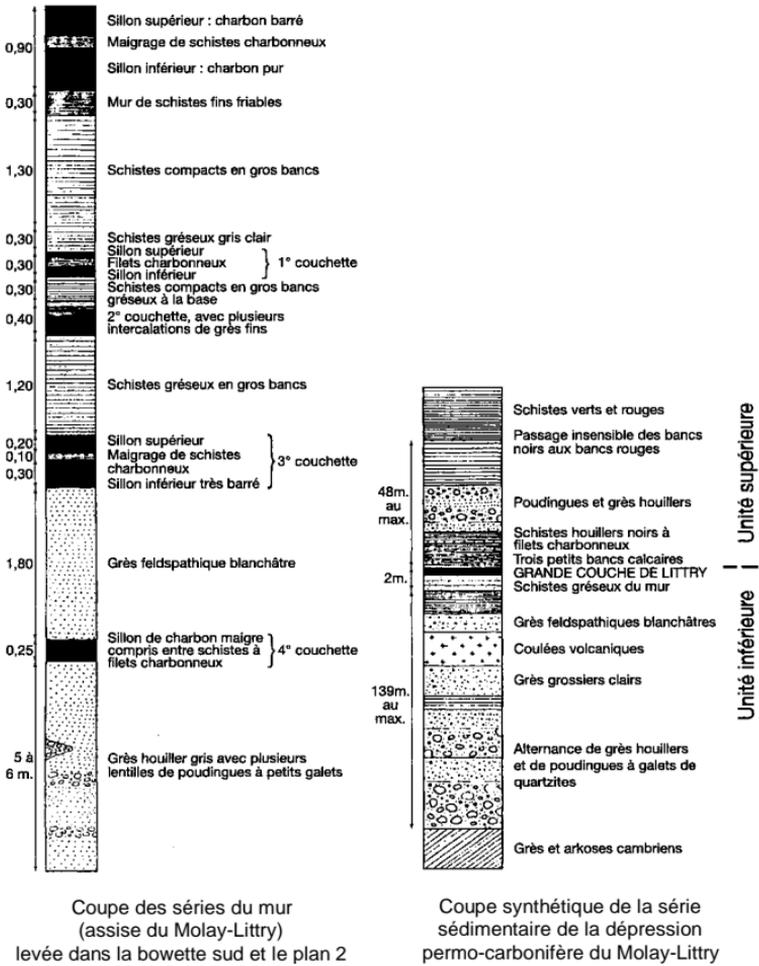
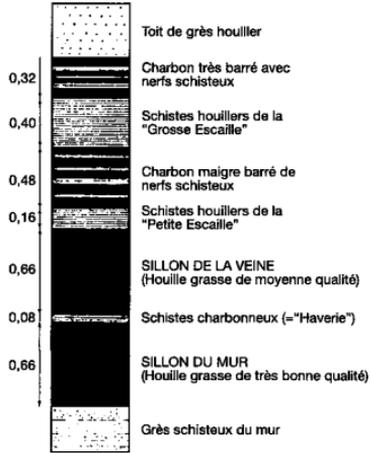
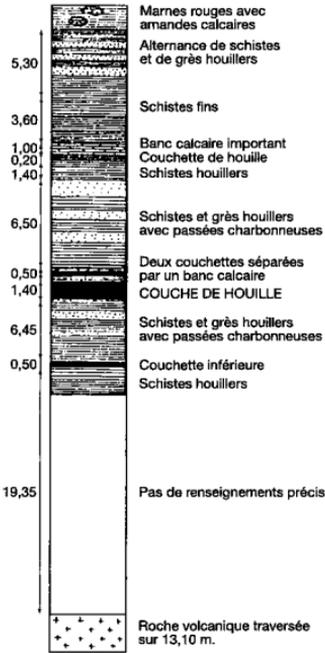


Fig. 5 - Coupes réalisées dans différentes cuvettes de la dépression permo-carbonifère du Moly-Littry (C. Pareyn, 1954)

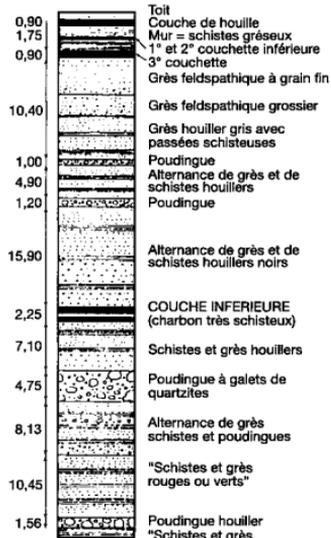
La couche de houille



de l'Ancien Bassin

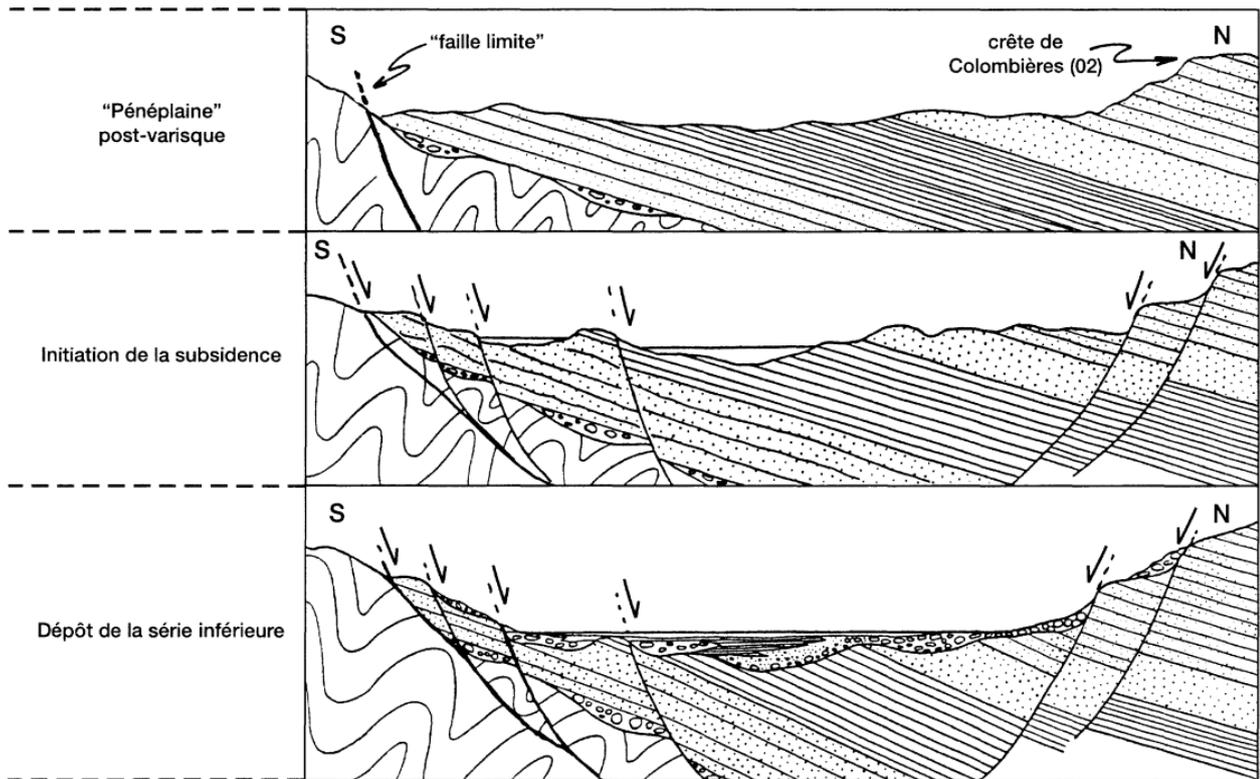


Coupe de la série houillère du bassin de la Rogerie



Coupe du sondage de 1857
Les séries du mur
(assise du Moly-Littry)

Fig. 6 - Coupes réalisées dans différentes cuvettes de la dépression permo-carbonifère du Moly-Littry (C. Pareyn, 1954)



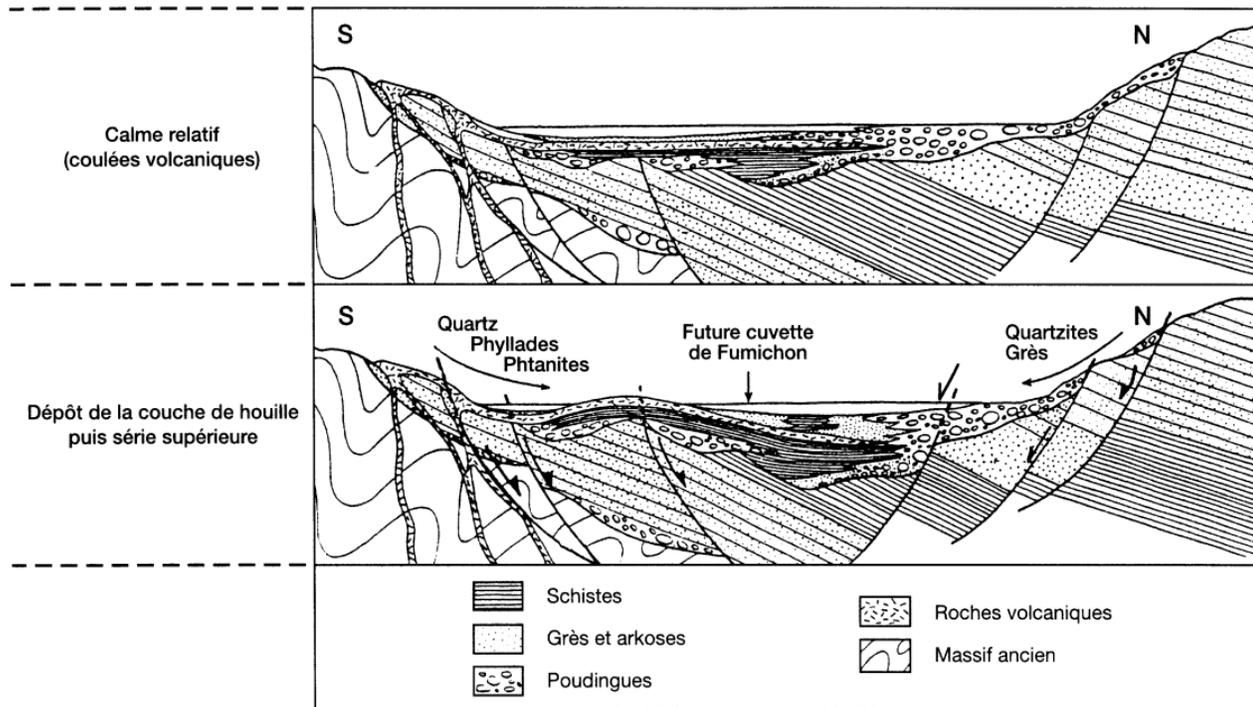


Fig. 7 - Les premiers stades de fonctionnement de la dépression houillère du Molay-Littry (d'après C. Pareyn, 1954)

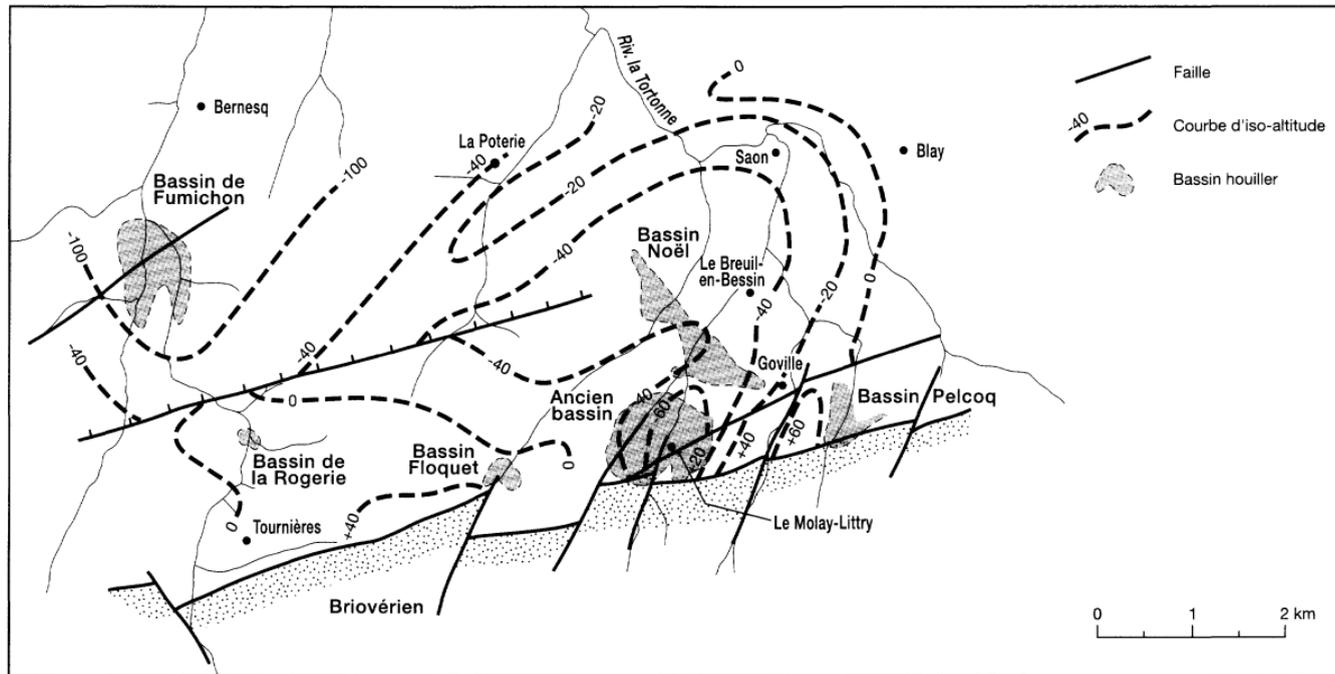


Fig. 8 - Carte d'altitude du toit du Houiller (d'après C. Pareyn, 1954)

particulier sur les communes de Marcouf, Saint-Martin-Blagny, Lison, Airel et Monfréville.

Contrairement à ce qui a été observé sur la feuille Carentan (Baize et *al.*, 1998), plusieurs faciès ont été répertoriés sur cette zone :

- des calcaires lités gris, parfois lithographiques, alternant avec des niveaux schisteux et gréseux de même couleur, et dans lesquels s'intercalent des passées rougeâtres ; ils affleurent notamment sur les communes de Saint-Martin-de-Blagny et de Tournières. Ils donnent à l'altération une argile grise à brune ;
- des schistes indurés rouges sombres, micacés, affleurant dans la partie basse du « talus » de Cartigny et sur Saint-Martin-de-Blagny ; ces niveaux s'altèrent souvent en une argile rouge que l'on peut confondre avec les argiles triasiques ;
- des grès et conglomérats rouges, très durs, affleurant sur les coteaux de Cartigny et de Lison ; les galets du conglomérat sont d'origines variées, constitués notamment de granite rose, de quartz filonien, de grauwackes, conglomérats et phanites briovériens. Ces faciès permien sont à l'origine des seuls reliefs « escarpés » du paysage permien ;
- des pélites lie-de-vin, qui constituent le sous-sol des buttes de Monfréville et de Vouilly et qui débordent largement vers l'Ouest sur la feuille Carentan.

Les affleurements visibles sur ce secteur sont trop discontinus et n'ont pas permis à eux seuls de reconstituer une organisation stratigraphique de ces différentes lithologies. Les observations réalisées sur le sondage de Saint-Fromond-Port-Ribet (fig. 4) ont permis d'avoir une vue d'ensemble, non seulement de ces terrains permien, mais également des niveaux sous-jacents carbonifère et cambrien. Les résultats obtenus sur ce sondage ont été transposés avec succès dans les sondages plus anciens du bassin houiller de Littry (Aubry, 1982 ; Pareyn et *al.*, 1989).

Foré sur plus de 830 m, ce sondage a livré, au-dessus des arkoses cambriennes, la série houillère stéphanienne où alternent schistes, grès, conglomérats et veines de houille. La couleur grise et noire de ces faciès reste largement majoritaire, même si quelques passées rouges apparaissent au sommet de cette série dénommée « série I » (cf. succession lithostratigraphique de l'Autunien du bassin de Carentan ; (fig. 10, 10 bis et 11). La série II débute par des alternances de grès et conglomérats passant latéralement à des schistes rouges. Ces derniers sont chargés en mica, silts et sables dans la partie basale, de couleur brun-rouge à rouge, plus localement grise, noire ou verte, avec quelques intercalations gréseuses. Des enclaves carbonatées, ainsi que de rares remaniements de schistes houillers y sont égale-

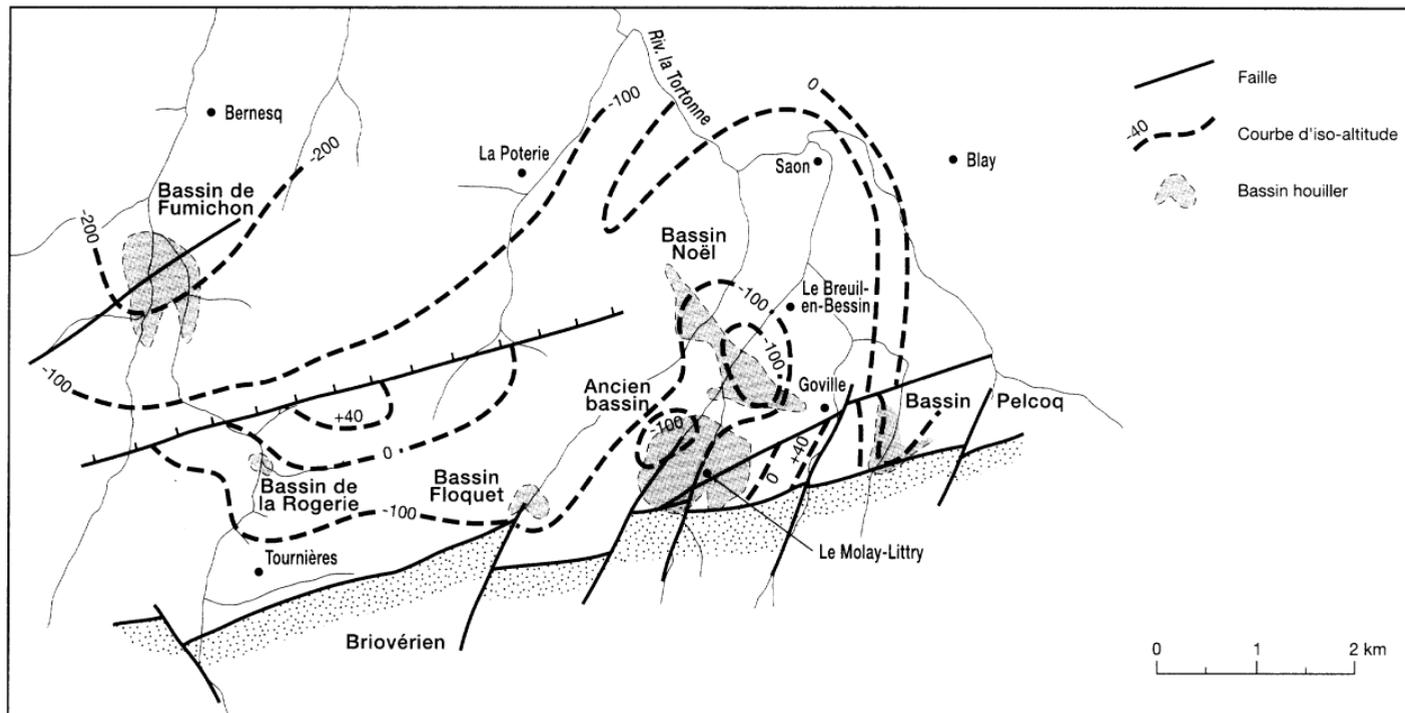


Fig. 9 - Carte d'altitude des roches volcaniques (d'après C. Pareyn, 1954)

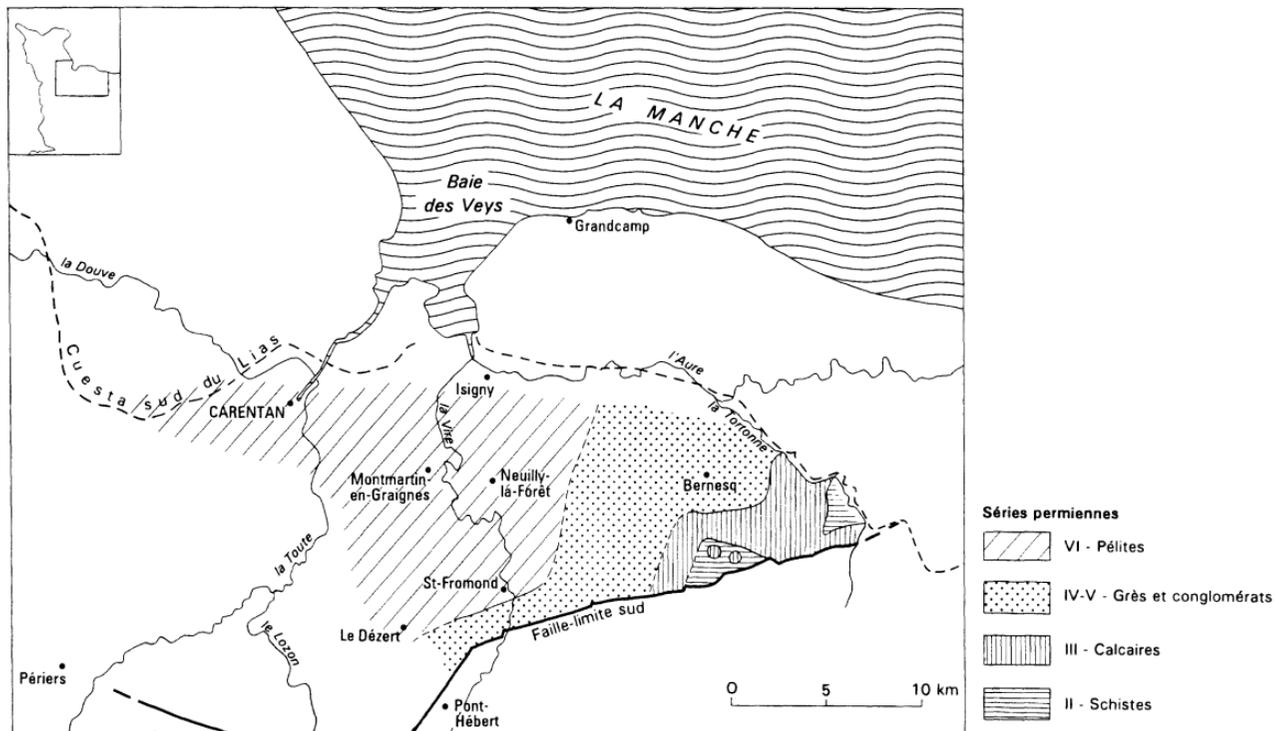


Fig. 10 - Écorché de la surface prétriasique (d'après J. Aubry, 1982, in C. Pareyn et A. L'Homer, 1989)

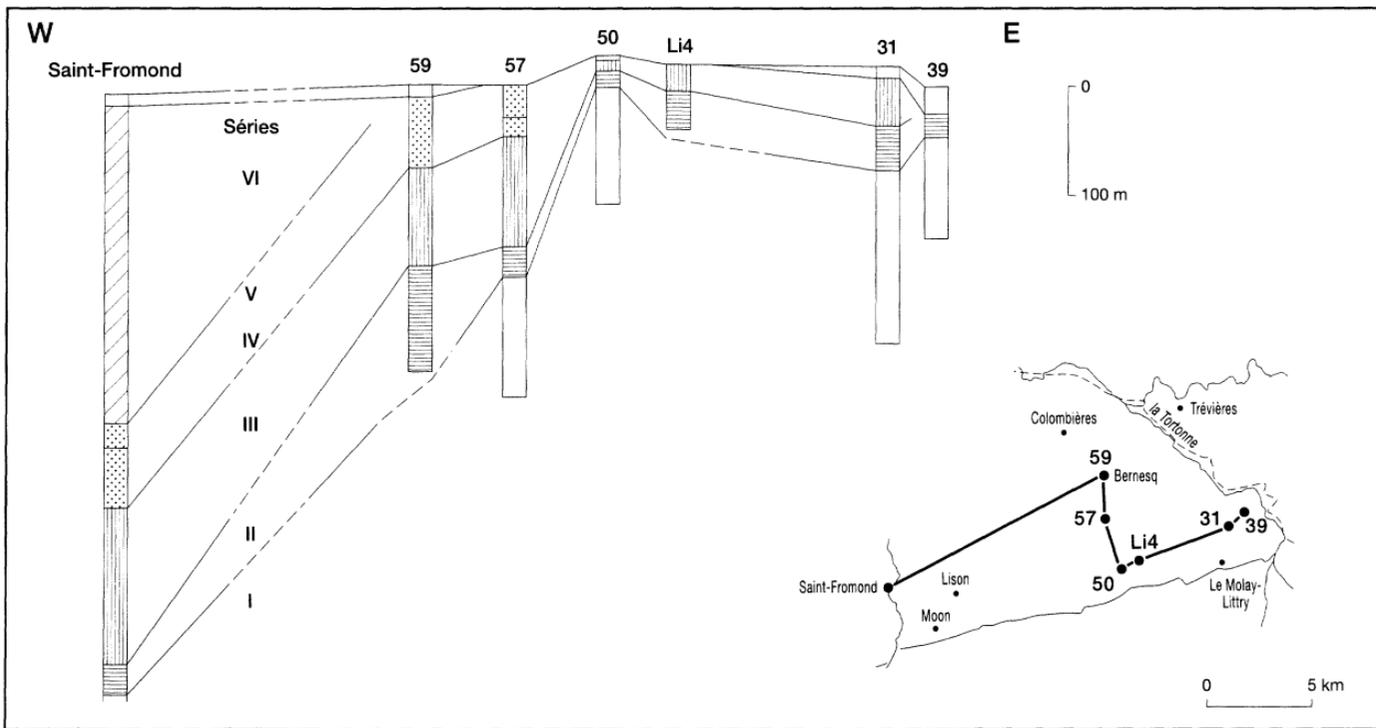


Fig. 10 bis - Coupe W-E dans le Permien de la feuille Balleroy (in Aubry, 1982)

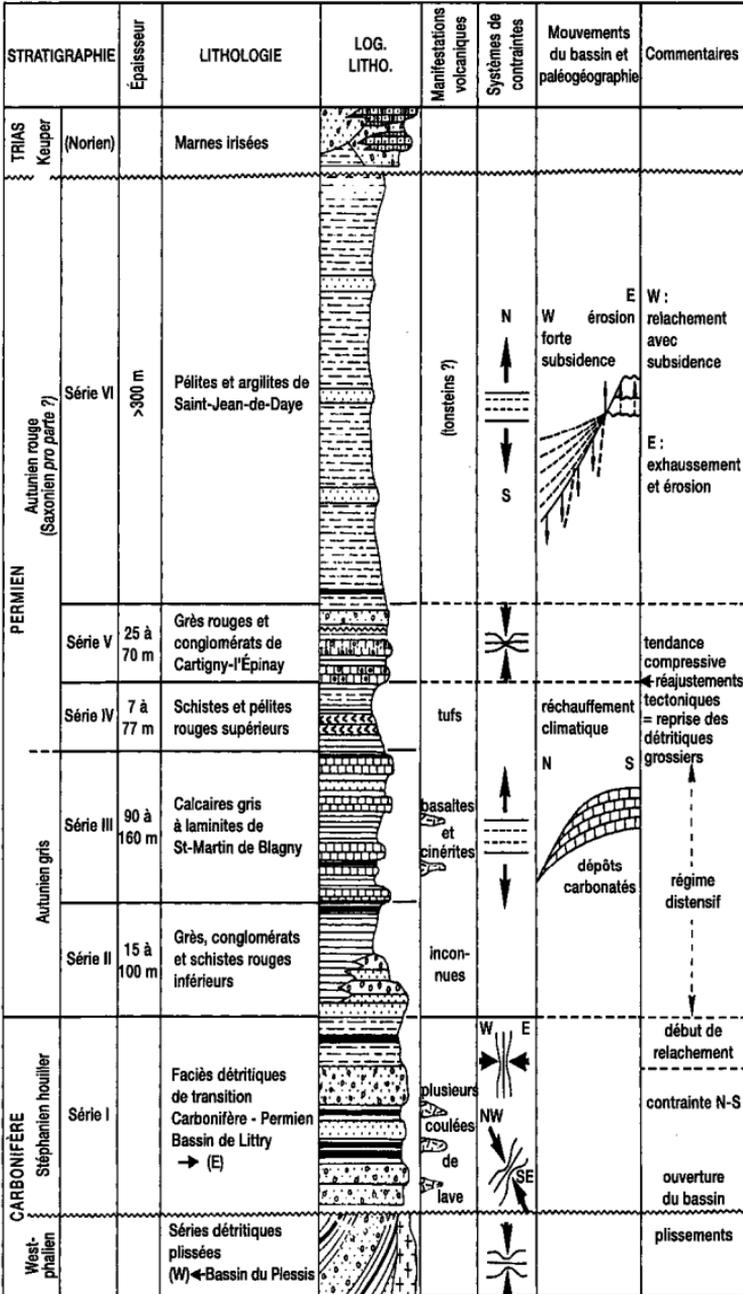


Fig. 11 - Principales subdivisions lithostratigraphiques de l'Autunien du bassin de Carentan (Pareyn et Aubry, in Pareyn et L'Homer, 1989)

ment signalés (série II, 35 m de puissance). Des empreintes de gouttes de pluie ainsi que des « sun cracks » y ont été décrits.

Autunien rouge	Série VI	Série des pélites de Saint-Jean-de-Daye	> 300 m
Autunien rouge	Série V	Série des grès rouges et conglomérats de Cartigny-l'Épinay	25 à 70 m
Autunien rouge	Série IV	Série intermédiaire des schistes et pélites rouges. Tufs	7 à 77 m
Autunien gris	Série III	Série des calcaires gris à laminites de Saint-Martin-de-Blagny. Basaltes et cinérites	90 à 160 m
Autunien gris	Série II	Grès, conglomérats, argillites et grès, gris à brun-rouge	15 à 100 m
Stéphanien	Série I	Facès détritiques de transition Carbonifère-Permien : schistes, grès houillers et poudingues. Plusieurs coulées de laves	70 à 280 m

Tableau 2 - Succession lithostratigraphique de l'Autunien de Normandie (Pareyn et Aubry in Pareyn et L'Homer, 1989).

La série III, sus-jacente, de teinte grise et d'une puissance de 140 m dans ce sondage, est constituée par un ensemble schisteux caractérisé par la présence de très nombreux passages calcaires finement laminés. C'est dans ce niveau qu'ont été découvertes des traces de faunes attribuées à l'Autunien (*Anthracomya carbonaria*, *Estheria*). Cette série correspond aux schistes et calcaires gris repérés à l'affleurement sur la commune de Saint-Martin-de-Blagny. Une étude détaillée de ces calcaires a été réalisée en 1982 par J. Aubry. Cette série comprend des calcaires laminés, des calcaires sublithographiques ou bréchiques, quelques horizons gréseux parfois grossiers, et surtout des calcaires gris à gris-noir à structure laminée ; ces derniers présentent une alternance de feuillets carbonatés et de lamines plus sombres se chargeant en argile, en matière organique et en fines granulations pyriteuses. Des quartz fins (40 à 80 µm) peuvent y être associés. Ces lamines rythmées sont interprétées comme correspondant à des feutrages algaires (cyanophycées) en contexte lagunaire sous faible tranche d'eau. Quelques niveaux rouges sont observables, mais leur nombre n'excède pas 36 % en moyenne (Aubry, 1982). Les niveaux carbonatés, qui peuvent parfois être relativement magnésiens, représentent environ 40 % de l'épaisseur totale. Les différentes carottes étudiées ont fait apparaître une sédimentation rythmée organisée en séquences. Chacune de ces séquences débute par une phase de sédimentation détritique à laminites où alternent des lits carbonatés et des

lits argileux et parfois des lits grossiers (grès, arkoses). Cette rythmicité d'ordre inférieur est attribuée à des pulsations saisonnières. Progressivement, les apports terrigènes diminuent pour ne faire place qu'à des calcaires lithographiques, fortement bioturbés, où les séquences saisonnières marquées par les lamines disparaissent totalement. Les figures sédimentaires y sont abondantes : figures de charge, fenestras tabulaires, irrégulières ou laminaires (Aubry, 1982). Chacune des séquences correspond à un cycle biorhéxistatique d'origine climatique et/ou tectonique. De minces coulées de basalte et de minces lits de tuf volcanique ont été recoupées dans le sondage de Port-Ribet au niveau de cette série carbonatée III.

Cette série est marquée à son sommet par une période de stabilité climatique et structural se traduisant par un dépôt carbonaté de 6 m de puissance au sondage de Port-Ribet (fig. 4).

La série IV (60 m) est constituée de schistes et pélites rouges indurés, dépourvus de carbonate (sauf au sommet) et montrant de nombreuses traces d'exondation, des traces de gouttes de pluie et des « sun cracks » ; quelques lits de grès grossiers rouges y sont signalés. Dans le sondage de Port-Ribet, plusieurs lits métriques de tuf y ont également été observés, marquant une reprise de l'activité volcanique au cours de cette période.

La série V (20 m) marque un changement important dans la sédimentation avec une reprise des processus de glyptogenèse et une importante production de silicoclastites (grès rouge, argilite gréseuse). La partie basale est formée de plusieurs niveaux conglomératiques rouges renfermant parmi leurs éléments des galets de granite rose à phénocristaux de feldspath, riche en biotite et muscovite, mais également de mylonite granitique, de schistes tachetés verts, de roches du Briovérien, de kersantite et de quartz filonien (Aubry, 1982). Ces faciès sont observables le long du coteau de Cartigny-l'Épinay et dans la vallée du Rieu. Cette série correspondrait à d'importants épandages torrentiels avec apports de matériaux très peu évolués. Ce sondage de référence se termine au sommet par les pélites lie-de-vin de Saint-Jean-de-Daye, d'une puissance de 300 m et constituant la série VI. Dans le sondage de Mesnil-Véron (feuille Carentan), des empreintes de gouttes de pluie ainsi que la présence de silcrètes et de cinérites ont été distinguées dans la partie inférieure de cette série. Des manifestations volcaniques ont, comme dans le Carbonifère, également été reconnues dans les séries permienes dans les sondages réalisés sur les communes de Tournières, Saint-Martin-de-Blagny et Le Molay-Littry. Il s'agit principalement de cinérites et de minces coulées basaltiques très altérées, de couleur rouge, renfermant des fantômes de pyroxènes et d'olivine iddingitisées. Ce volcanisme permien est cependant très réduit et se résume, pour ce qui en est connu, à des retombées de projection dont les centres d'émission restent inconnus. Les coulées sont

prédominantes dans le faisceau houiller et sporadiques dans le Permien (séries III et V). Enfin, le Permien se marque par un cortège argileux dominé par l'illite (30 à 100 %) et, dans une moindre mesure, par la kaolinite. Celle-ci provient des horizons latéritiques développés sur le substrat hercynien sous le climat aride qui régnait au Permien. L'âge de ces formations a été confirmé par des analyses palynologiques (G. Farjanel, BRGM, inédit) réalisées sur plusieurs échantillons de silt et d'argilites. Le matériel organique est en général mal conservé, mais une microflore en place à *Disaccites* et *Cordaitina* a permis de conforter l'âge autunien avancé à partir des arguments lithostratigraphiques et des quelques fossiles (poissons, *Estheria* et lamellibranches) trouvés notamment dans les calcaires du niveau III à Saint-Martin-de-Blagny (Pareyn et L'Homer, 1982).

A l'instar de la cartographie proposée par C. Pareyn et A. L'Homer (1989), on peut distinguer sur la feuille Balleroy deux ensembles permien :

r1G. Schistes, grès et calcaires (Autunien gris). Cette unité inférieure à dominante grise et calcaire constitue un ensemble cartographique correspondant globalement aux séries II (la Rogerie et entre Tournières et Le Molay-Littry) et III (communes de Tournières, de Saint-Martin-de-Blagny et du Molay).

r1R. Schistes, grès, conglomérats, pélites (Autunien rouge). Cette unité supérieure, exclusivement terrigène et quasi exclusivement rouge, regroupe les séries IV, V et VI décrites dans le sondage de Port-Ribet.

Cette simplification est incontournable, compte tenu de la rareté et de la médiocrité des affleurements. De plus, l'alternance des couleurs au sein de chaque série, pouvant engendrer des erreurs supplémentaires, la limite entre ces deux ensembles cartographiés a été figurée en tiretés. La synthèse des données de sondages et de terrain a permis à J. Aubry (1982) et C. Pareyn et A. L'Homer (1989) de reconstituer l'évolution permienne du bassin de Carentan (fig. 10). Ils signalent notamment l'importance de la faille médiane N20°E qui divise le bassin de Carentan en deux compartiments et paraît avoir exercé un contrôle majeur sur la sédimentation. Dans la partie ouest du bassin, ces mêmes auteurs signalent un ennoyage des séries permien en direction du Nord-Ouest (vers Isigny et Carentan), consécutif à une accentuation des phénomènes de subsidence lors du dépôt de la série VI, et avec une épaisseur de dépôt maximum correspondant à l'axe de la vallée de la Vire. Les séries I et II sont, elles, adossées et relevées contre la faille limite (Tournières, Le Molay-Littry), avec localement observation des schistes houillers, alors que la série III carbonatée se développe autour de ce relèvement et s'ennoie vers l'Ouest et le Nord sous les pélites rouges. A la fin de l'Autunien, la forte subsidence se développant à l'Ouest (dépôt de la série VI) est compensée par un relèvement anté-triasique des terrains occupant la

partie sud-est, facilitant dans ce secteur l'érosion des différents terrains permien (au contraire de la zone ouest) et conduisant également à la mise en place des dépôts triasiques indifféremment sur le Briovérien et les séries permien.

Concernant les épaisseurs de chaque série, elles semblent croître vers le Nord et l'Ouest, ce qui tendrait à démontrer que le dépôt-centre du bassin permien se situait entre Carentan et Saint-Fromont.

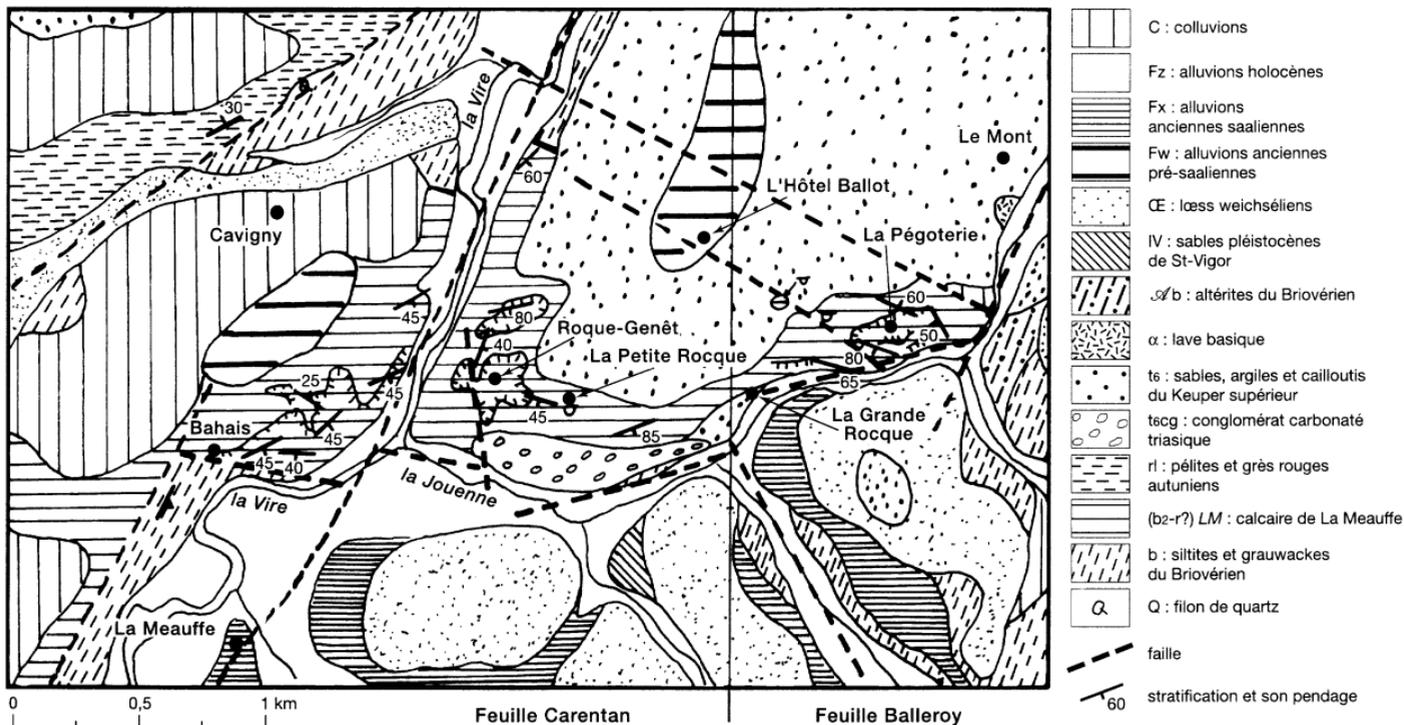
Signalons enfin le rôle important joué par l'accident de la Vire, lequel décale d'environ 300 m la série V conglomératique trouvée à + 45 m à Lison contre -300 m à Saint-Fromond.

Formation d'âge indéterminé

(b2-r?)LM. Formation des Calcaires de La Meauffe.

- **Historique.** Les Calcaires de La Meauffe sont localisés à cheval sur les deux feuilles à 1/50 000 Balleroy et Carentan, au Nord-Est de la commune de La Meauffe (Carentan), et au niveau des fermes de la Pégoterie et de la Grande Rocque (Balleroy, à l'Ouest de Saint-Clair-sur-Elle ; fig. 12). Ils ont fait l'objet d'une intense exploitation pour les fours à chaux au XVIII^e et XIX^e siècles à une époque où la chaux était transportée par voie fluviale sur la Vire, mais également en tant que pierre de taille et matériaux d'empierrement (carrières de La Rocque Genêt actuellement noyées, d'Amy, de Cavigny, de La Pégoterie, etc.). Ces niveaux carbonatés sont considérés depuis les débuts de la cartographie géologique (cf. éditions de la carte à 1/80 000 de Saint-Lô) comme faisant partie intégrante du Protérozoïque supérieur et plus précisément du Briovérien inférieur phtanitique. Leur âge n'a cependant jamais pu être certifié de façon irréfutable, passant successivement du Silurien en 1861 (Dalimier), au Briovérien en 1870 (Bonnissent), au Carbonifère en 1877 puis 1886 (Tromelin et Le Goarant ; Hébert), au Trias en 1883 (Vieillard), puis de nouveau au Briovérien en 1890 (Bigot), 1952 (Dangeard), 1957 (Graindor).

- **Description des faciès.** Les Calcaires de la Meauffe constituent une lentille carbonatée reconnue sur environ 4 km de long, située de part et d'autre de la Vire, alignée selon une direction NE-SW et pouvant atteindre une vingtaine de mètres de puissance (carrières de Rocque-Genêt). Sur la feuille Balleroy, cette bande carbonatée est limitée au Sud en rive droite du ruisseau La Jouenne par des conglomérats et argilites remaniant ces calcaires et au Nord par la couverture triasique. Les faciès détritiques briovériens sont localisés en rive gauche de la Jouenne. Cette lentille carbonatée apparaît globalement limitée par un important réseau de failles et de zones broyées et située au cœur d'un nœud tectonique marqué par le passage de la



faille limite N60 à N70°E et de la faille N30°E de la Vire. Les zones de contact entre ces formations protérozoïques et les calcaires sont dans la majorité des cas totalement indiscernables, mais se marquent cependant, au niveau du Briovérien proche, par la présence de faciès complètement écrasés, laminés (Le Bahais, feuille Carentan). Les calcaires sont, de façon identique, fortement laminés, recristallisés dans les zones de faille, notamment en bordure du ruisseau de La Rocque (faille N70 à N80°E). Les limites avec la série triasique sus-jacente sont délicates à saisir en raison du fort colluvionnement des argiles à galets du Trias sur les pentes. Afin de mieux cerner le problème posé par ces calcaires, l'étude a été ici réalisée en prenant en compte les informations obtenues sur la totalité de cette formation à cheval sur les deux feuilles Carentan et Balleroy (fig. 12). Les observations réalisées sur ces deux coupures, en particulier au niveau des carrières de La Rocque-Genêt (noyées, fronts de taille inaccessibles) et de la Pégoterie, ont permis de distinguer plusieurs faciès au sein de cet ensemble carbonaté.

Le faciès le plus commun correspond à un calcaire noir à gris bleuté, massif, dur, riche en matière organique, à cassure fétide, affecté par une recristallisation plus ou moins poussée, et sujet partiellement à des phénomènes de dolomitisation et de silicification secondaires. Ce faciès est régulièrement recoupé, voir lardé dans certaines zones de filonnets de calcite, lui conférant un caractère bréchique net.

En lame mince, ces roches se présentent sous la forme d'une mosaïque hétérogranulaire de cristaux de carbonates bruns à grisâtres, en général en grandes plages engrenées, localement non jointives et prises dans une matrice plus fine, plus ou moins déformés (localement très étirés et allongés), à extinction onduleuse et macles flexueuses. La matière organique apparaît très inégalement répartie, en fines particules disséminées, en petites traînées ou en agrégats, souvent accompagnés de pyrite. Cette mosaïque est fréquemment affectée par des phénomènes de dissolution, de bréchification, avec notamment des remplissages secondaires de carbonates micritiques cimentant des plages de carbonates primaires gris-brun. Quelques plages de quartz en majorité monocristallin, le plus souvent arrondies, peuvent également y être distinguées. Ces faciès sont également recoupés par des veinules plurimillimétriques à calcite très limpide, en plages plus grossières, à laquelle s'associe du quartz mono ou polycristallin parfois très finement cristallisé (aspect de microquartzite). Un second faciès très caractéristique et fréquent correspond au calcaire à oolites et oncolites. Cette formation observée dans les carrières de La Rocque-Genêt (feuille Carentan) et de la Pégoterie apparaît sous la forme de bancs de puissance pluridécimétrique, intercalés au sein du faciès standard, et caractérisés par la présence d'éléments carbonatés noirs sphériques à ovoïdes, de taille millimétrique à centimétrique, pouvant atteindre jusqu'à 8 cm de diamètre (Morteleman et *al.*, 1966). Ces formes

sphériques ont été identifiées comme correspondant à des oolites, mais également à des oncolites (Mortelemans et *al.*, 1966 ; Bourdillon de Grissac, BRGM, communication orale) c'est-à-dire à des concrétions pouvant être associées à une activité algale. En lame mince, ces oncolites apparaissent sphériques, ovoïdes, ou très allongés, constitués de couches successives de carbonate centrées sur le cœur de l'élément, et délimitées par un fin dépôt de matière organique. Le cœur est en général carbonaté, en grandes plages, parfois siliceux à quartz finement cristallisé. La silice peut également se substituer à la calcite dans les couches concentriques. On observe alors un cœur à grands cristaux de carbonate entouré d'auréoles de calcite, mais également d'une ou de plusieurs auréoles de quartz en mosaïque à contours plus ou moins nets. Les calcaires oncolitiques peuvent également apparaître bréchifiés, ce qui se traduit par l'observation de clastes oncolitiques carbonatés, en grandes plages, ou bien à l'état de fragments fortement silicifiés, pris dans un ciment carbonaté fin. Certains faciès carbonatés, gris-beige, intercalés dans les calcaires noirs de la Pégoterie, ont permis d'observer, associés aux oncolites, quelques petits organismes sphériques carbonatés (Bourdillon de Grissac, BRGM, communication orale) à contours soulignés par de la matière organique, mais également de très rares débris d'échinodermes. Ces éléments sont pris dans une matrice carbonatée plus finement cristallisée renfermant accessoirement quelques plages de quartz et quelques amas chloriteux épars. Dans cette même carrière, des calcaires bréchiques beiges ont également permis d'observer au sein d'un ciment micritique des clastes pluricentimétriques carbonatés contenant des fragments losangiques à sub-hexagonaux d'échinodermes ainsi que des traces de gastéropodes. Cependant, étant donné la qualité des affleurements sur la Pégoterie et l'importance des phénomènes de karstification, de remaniement, de dissolution et de recristallisation, en particulier sur ce secteur, ces observations doivent être prises avec la plus grande prudence.

D'autres faciès ont également été décrits dans la littérature (Juignet, 1961, 1962), elles ne sont plus observables actuellement en raison de l'ennoyage des carrières ou de leur recyclage par le SIVOM en décharges d'ordures ménagères (carrière d'Amy). Un résumé succinct en est donné ci-après :

- des calcaires oolitiques « à loupes argileuses rouges » (à pseudo-oolites) incluses et englobées au sein de ces calcaires oolitiques, et ayant subi les mêmes déformations que ceux-ci (carrières du Hamel Bazire, la Rocque-Genêt, Martin) ; des intercalations de schistes argileux gris clair y sont également indiquées ;
- des brèches sédimentaires visibles à la Rocque-Genêt sur 2 m d'épaisseur et une trentaine de mètres de long, localisées dans le calcaire noir standard et composées de schiste très fin, gris cendré, riche en pyrite, en éléments bréchiques, de petits morceaux de phtanites assez roulés, pris dans un ciment carbonaté oolitique (également observé par J.J. Chauvel, communication

orale, 1998). Ces brèches sédimentaires sont interstratifiées dans le calcaire avec une direction N70°E et un pendage de 35°S conformes à ceux des couches calcaires. Le même type de brèche a été visualisé dans la carrière du Hamel Bazire avec une orientation N100°E et un pendage de 35°, interrompu par une faille parallèle au cours de la Vire ;

- des accidents siliceux ou zones ultra-siliceuses de type silexite ;
- des calcaires siliceux à nids et « lits » de silice et calcaires silicifiés notamment à oolites riches en matière organique, noires et silicifiées ;
- des calcaires dolomitiques, la dolomie se présentant essentiellement à l'état de veines blanches recoupant les calcaires noirs ; le phénomène de dolomitisation est également étroitement associé au phénomène de silicification ;
- des brèches tectoniques ou de friction mettant en jeu le calcaire noir et visibles au Quesney, à Bahais, au Hamel Bazire ;
- des conglomérats d'une douzaine de mètres de puissance visibles dans la carrière d'Amy et encadrés par le calcaire. Ces conglomérats ont une direction N115°E et un pendage de 60°N ; ils sont affectés par un réseau de fractures N-S à inclinaison de 55°E. Ils sont composés de gros blocs de « phtanites » (jusqu'à 1/3 de m³) à contours grossièrement arrondis, d'éléments de schiste gris ou rouge sombre, de grès et de nodules argileux rouge-ocre à beige ; le ciment est un « schiste siliceux » très fin, gris cendré, riche en éclats de « phtanite » renfermant quelques plages de tourmaline, de rares micas et du rutile. Ces éléments de phtanite sont noir mat à gris clair, parfois zonés, rarement à texture bréchique. Une formation bréchique, de même composition est également signalée dans cette carrière d'Amy. Ces faciès brèche et conglomérat sont visibles vers le sommet du front de taille et en contact tectonique avec la série calcaire sous-jacente. Ils ne peuvent, étant donné la composition de leurs éléments, notamment la présence de schistes et grès rouges, être assimilés à du Briovérien ;
- des intercalations laminées de schistes siliceux noirs très riches en matière organique et à fragments de « phtanites » (jusqu'à 5 cm) très riches en matière carbonneuse. Ces schistes sont pris dans des plans de friction, laminés, broyés et comprimés entre des masses de calcaires ;
- des écailles briovériennes, en particulier au Hamel Bazire, à schistes gris, schistes carbonneux et phtanites en amygdales, noir mat, riches en matière carbonneuse. Ces faciès sont, sous les effets de plusieurs failles et d'un déplacement tangentiel des compartiments carbonatés, injectés dans la masse calcaire ;
- enfin, d'importants filons de quartz, alignés sur l'accident de la Vire, notamment au niveau de La Meauffe à chalcopryrite, stibine et galène.

• **Position structurale des Calcaires de La Meauffe.** Cette lentille carbonatée se situe dans un contexte fortement affecté par les différents jeux de

failles. Sur le terrain, plusieurs réseaux de fracturation ont pu être relevés, notamment :

- au niveau de la carrière de la Pégoterie ;
- dans l'extrémité est de la carrière, deux réseaux, l'un important N30°E avec une inclinaison de 50°E, le second, N110° à 125°E à inclinaison de 60°N ; les couches ont une direction N145°E, à pendage de 50° vers le Sud-Ouest ; dans le même secteur, mais au Nord, les couches sont à N120°E et à pendage de 60°N ;
- dans l'extrémité ouest de la carrière, où l'on observe un réseau de fracturation N10°E, les couches étant orientées N115°E à pendage de 80°S. Dans ce secteur sont distingués des microplis d'entraînement centimétriques de direction d'axe N90° à N100°E et à plongement de 60°E.

Au niveau même de la ferme de la Pégoterie, on observe en bordure de la Jouenne un grand plan de faille N80°E, incliné 70°S, à jeu décrochant (stries subhorizontales), accompagné par une importante cristallisation de calcite. Les couches sont orientées N105°E, à pendage de 65°S.

Au niveau de la carrière ouest de la Rocque-Genêt (sous la route), quatre réseaux de failles ont été notés :

- un réseau N110° très développé, avec inclinaison de 50°E, reprenant un réseau N180° vertical. Ce réseau a également été distingué à Bahais ;
- un réseau N45°E, incliné à 75°NW, à jeu décrochant ;
- un réseau N165°E vertical.

Les couches sont disposées en N20°E à pendage de 40°E.

Quelques mesures (tabl. 3) sont également fournies par P. Juignet (1962), et M.J. Graindor(1957).

Toutes ces données concernant les couches et failles ont été reportées sur la figure 12. D'après ces mesures, on remarque que ces calcaires constituent à l'Ouest de la Vire, une bande orientée en moyenne N55° à N65°E, s'infléchissant au passage de la Vire et s'orientant selon une direction N75° à N110°E. Dans la majorité des cas, les couches sont inclinées vers le Sud avec un pendage moyen de 40° à l'Ouest de la Vire fortement redressé à l'Est avec des valeurs oscillant autour de 80°. Quelques pendages vers le Nord sont également notés. Ces inversions de pendage sont probablement à mettre en relation avec un basculement des compartiments carbonatés induit par le jeu des différents réseaux de failles affectant ce massif. De rares plans de schistosité sont également indiqués. Ils ont été mesurés dans des zones à fort degré de compression et d'étirement notamment des calcaires fortement

écrasés, des loupes argileuses rouges déformées, étirées avec présence de stries, dans des écaillés tectoniques.

Localisation	Directions	Pendages
Bahais	N65 à N140°	23 à 65° S
Hamel-Bazire	N55°	45°S
Rond-Bisson	N105°	45°S
Rocque-Genêt W	N105°	45 à 60°S
Rocque-Genêt E	N80 à N105°	35 à 45° S
Val de Vire (contact nord)	N105°	55°S
Quesney	N80 à N110°	65 à 90°S

Tableau 3 - Directions et pendages. Données bibliographiques (Graindor, 1957 ; Juignet, 1962)

• **Âge des Calcaires de La Meauffe.** Actuellement, ces calcaires sont considérés comme intercalés dans la série briovérienne phtanitique. En l'absence de critères paléontologiques, les arguments développés par les différents auteurs en faveur de cette attribution stratigraphique sont les suivants :

- 1) l'environnement géologique : ce massif carbonaté est, en dehors des zones à couverture triasique, encadré par les formations détritiques terrigènes du Briovérien inférieur, notamment à l'Ouest entre Bahais et Pont Hébert (feuille Carentan) et de part et d'autre de la Vire au Nord de Cavigny. A l'Est (feuille Carentan), ces calcaires sont limités au Sud par un conglomérat triasique, situé en bordure du ruisseau de la Jouenne ; les formations briovériennes étant quant à elles, localisées en rive gauche de ce ruisseau, avec une direction moyenne variant entre N90° et N110°E.

Bien qu'étant encadrés par le Briovérien, tous les contacts, mettant en relation les calcaires et le Briovérien, sont essentiellement tectoniques et liés aux différents réseaux de fractures présents. Ceci est clairement décrit dans la littérature (compartiments calcaires basculés, écaillés de Briovérien). Sur le plan sédimentologique, bien que quelques passées silico-carbonatées aient été signalées en Bretagne (Le Legué, Saint-Thurial), la présence à La Meauffe d'un tel massif d'au moins une vingtaine de mètres de calcaires massifs dans un environnement briovérien purement détritique terrigène (siltites, grauwackes et conglomérats) demeure très problématique. L'hypothèse d'un olistolite carbonaté n'est pas à exclure, bien que son origine et surtout sa nature dans le contexte protérozoïque inférieur et supérieur régional actuellement reconnu reste très énigmatique ;

- 2) la présence, dans ces calcaires, d'intercalations de schistes gris, schistes charbonneux et de phtanites, la présence de ces dernières constituant un argument majeur. Ces faciès n'apparaissent en fait qu'à la faveur de zones fortement tectonisées, faillées, sous la forme de lambeaux et d'écaillés, et bien que considérés comme étant d'âge briovérien, ils sont décrits par les auteurs comme apparaissant en général sous un faciès différent de celui du Briovérien. Les phtanites sont signalés dans toutes les descriptions à l'état

de grains anguleux, mais légèrement transportés et de galets plus ou moins roulés, donc remaniés. En admettant que l'on soit dans le Briovérien, les terrains décrits appartiennent par définition, non pas au terme inférieur, mais à l'unité post-phtanitique, visible à proximité immédiate (à l'Est de la Pégoterie) entre La Chapelle-du-Mesnil et Saint-Clair (Briovérien supérieur à conglomérats à phtanite). En dehors de quelques filons et filonnets de quartz clair à noir (déformation du réseau cristallin et présence d'impuretés, en milieu fortement tectonisé) aucun affleurement de phtanite n'a été distingué dans ce massif calcaire. Quelques blocs siliceux, noirs, finement cristallisés, ressemblant à des phtanites (à environ 350 m au Nord-Est de Quesney et à quelques centaines de mètres au Nord de la Pégoterie dans l'axe des calcaires) se sont en fait révélés être des quartzites-microquartzites limpides recristallisées (silicification ?). Les phénomènes de silicification, développés dans ces calcaires (calcaires siliceux noirs, zones à silexites, faciès oolitiques siliceux noirs à matière organique) sont également probablement à l'origine de cette confusion quartzite-phtanite ;

- 3) la présence dans les calcaires comme dans les phtanites de matière organique. La présence de matière organique n'est en aucun cas spécifique des horizons phtanitiques. Cette matière charbonneuse a également été repérée à différents niveaux de l'empilement sédimentaire présent sur cette feuille, en particulier au Paléozoïque ;

- 4) un style de déformation identique à celui du Briovérien, l'observation d'une schistosité, et une direction des couches similaires à celles du Briovérien. Au niveau de la structuration, le compartiment situé à l'Ouest de la Vire est aligné selon une direction moyenne N55° à N65°E, par conséquent sécante sur la direction des couches du Briovérien, variant entre N80° et N100°E. Le compartiment situé à l'Est de la Vire fait par contre apparaître une très nette virgation, le massif s'allongeant vers l'Est selon une direction variant entre N75° et N110°E. Les directions relevées dans ce compartiment ainsi que les pendages vers le Sud sont proches de celles notées pour le Briovérien. Cette structuration, proche de celle du Briovérien (N75° à N90°), est à l'origine de l'attribution par les auteurs de ce niveau carbonaté au domaine briovérien phtanitique. Les directions N90° à N110°E relevées au niveau de ce compartiment, mais également du Briovérien proche, correspondent aux directions hercyniennes et sont ici probablement dues aux effets des grands réseaux de failles multiples affectant ce secteur.

En dehors de rares microplis, localisés en bordure des zones faillées, aucun pli n'a été aperçu. P. Juignet (1962) signale dans le secteur de Bahais un léger bombement des couches, et de rares schistosités dans des zones à fort degré de compression et d'étirement. Les pendages observés sont à mettre en relation avec les jeux des failles décrochantes et d'effondrement affectant ce secteur ;

- 5) l'absence de fossiles : les rares traces décelables dans ces faciès sont de nature algaire (oncolites). Les traces d'échinoderme et de gastéropode observées dans les calcaires de la Pégoterie (Bourdillon de Grissac, BRGM, 1998 : communication orale) n'ont aucune valeur stratigraphique. Elles se situent en effet dans un contexte où les calcaires apparaissent fortement remaniés, karstifiés, recristallisés, et doivent par conséquent être interprétées avec la plus grande précaution. Étant donné les degrés de recristallisation, de déformation, de silicification et de dolomitisation, il est tout à fait logique d'admettre que les traces de vie, si elles ont existé, aient pu être oblitérées. Ce caractère en apparence « azoïque » ne doit cependant pas être considéré comme constituant un critère stratigraphique propre au Protérozoïque (voir par exemple, sur ce secteur, le Permien carbonaté du bassin de Carentan).

Les différents arguments développés ci-dessus et notamment leur environnement sédimentaire (importante masse calcaire dans un contexte purement détritique), leur structuration et l'absence de phtanite intercalé, nous conduisent à dissocier ces calcaires de La Meauffe des formations du Briovérien inférieur et à les situer, en l'absence de critères faunistiques nets, dans une tranche d'âge comprise entre le Briovérien supérieur (phtanites remaniées) et le Paléozoïque, dans la mesure où ils sont surmontés par les argiles à galets du Trias.

Concernant un âge paléozoïque, différentes possibilités peuvent être envisagées :

- le Cambrien, en tant que résidu de plate-forme carbonaté : le Cambrien affleure sur les feuilles Carentan et Saint-Lô, sous la forme de schistes, grès, arkoses et conglomérats. Plus au Sud (Torigni), quelques passées faiblement carbonatées sont reconnues ;
- l'Ordovicien : il est limité à Colombières au Grès armoricain et est représenté sur la feuille Saint-Lô par des grès quartziteux et schistes ;
- le Silurien, majoritairement représenté sur le plan régional par des ampélites, est absent ici et dans la région de Saint-Lô ;
- le Dévonien est représenté autour de Saint-Lô par des grès, et sur la feuille Carentan par des grès, des schistes et calcaires de Néhou et des argilites. Les calcaires sont à stromatolites, ou bien coralligènes et lumachelliques ;
- le Carbonifère est ici constitué de schistes, grès, conglomérats et veines de houille, de grès à végétaux et de calcaires sur Saint-Lô. Les calcaires sont des calcarénites gris-bleu, à foraminifères, algues, crinoïdes, ou grosses oolites. Sur Carentan, le Carbonifère est représenté par des schistes, des grès et des poudingues houillers ;
- le Permien affleure à moins de 2 km au Nord des calcaires, au Nord-Est à Moon-sur-Elle, ainsi qu'à Cavigny (feuille Carentan), à moins de 600 m des

calcaires. Il est notamment représenté (Pareyn et *al.*, 1989) par des calcaires gris sombre à noir à laminites de Saint-Martin-de-Blagny (série III) chargées en matière organique (feutrages algaires), à intercalations de schistes gris verdâtre à lie-de-vin.

Les principaux critères caractérisant les calcaires de la Meauffe, d'après nos observations et les données bibliographiques, sont leur caractère massif, leur puissance, leur couleur sombre à noire, et la présence de matière organique, de matériel algaire et d'intercalations argilitiques rouges (loupes d'argile rouge). Quelques similitudes peuvent apparaître avec les calcaires du Permien, très proches géographiquement ; mais des différences persistent notamment au niveau et en liaison (?) avec les différents phénomènes de fracturation, silicification, dolomitisation et recristallisation affectant les calcaires de La Meauffe.

L'incertitude demeure donc et le choix des méthodes susceptibles de résoudre le problème reste limité. Les études palynologiques (G. Farjanel, BRGM, 1998 : communication écrite) réalisées sur différents échantillons de calcaires de la Roque-Genêt et de la Pégoterie n'ont pas permis d'éclaircir le problème. Elles confirment au niveau de la Roque-Genêt (La Meauffe) la présence de matière organique abondante sous la forme de débris charbonneux opaques. Elles aboutissent, par contre, au niveau de la Pégoterie à des résultats surprenants, tels que la présence de débris de tissus végétaux de couleur orangée, de débris charbonneux opaques, et surtout d'une microflore représentée par les taxons *Pinus*, *Alnus*, *Quercus*, *Compositae*, *Myriophyllum*, et deux fragments de dinoflagellés, caractéristiques de niveaux post-paléozoïques (faciès originaux ou remaniés au cours du Mésozoïque- Cénozoïque ?).

Seules des études complémentaires (palynologie, dosages des isotopes du strontium, sondages carottés) permettront, éventuellement, de lever cette incertitude.

Cette Formation des Calcaires de La Meauffe a été, en dehors des phénomènes structuraux, fortement affectée dans sa partie sommitale par le développement, notamment au Trias, d'importants réseaux karstiques avec mise en place de cavités karstiques atteignant jusqu'à 10 m de profondeur à remplissage d'argiles et de galets du Trias sus-jacents, et de conduits de dissolution.

On signalera également la présence de quelques blocs de calcaire au Nord-Est de la carrière de La Pégoterie près de la ferme de La Couture de Bas (en place ?).

FILONS, LAVES CARBONIFÈRES ET INDIFFÉRENCIÉES

Q. Quartz en filons ou en blocs épars. Plusieurs filons de quartz ont été repérés sur cette feuille, en particulier dans le socle briovérien, notamment à proximité de l'accident de la Drôme et de la faille limite. Ils apparaissent cependant le plus souvent démantelés, à l'état de blocs épars pluridécimétriques, alignés en majorité selon les directions N-S, N70° et N120°-130°E. De puissance pluridécimétrique à plurimétrique (moins de 50 cm en moyenne), ils sont en majorité constitués de quartz blanc laiteux, parfois noir, plus ou moins cataclasé. Trois filons majeurs de quelques mètres de puissance et d'au moins un kilomètre de long ont été cartographiés, au Nord de Bérigny dans la terminaison ouest du massif forestier de Cerisy (près de Saint-Quentin), à l'Est de Couvains entre les fermes de Loraille et du Lieu-de-Tour, et à l'Ouest de Couvains près du haras de l'Hôtel Pohier. Ces trois filons de quartz blanc laiteux cataclasé ont tous été exploités en carrière, en particulier celui de Cerisy qui a été en majeure partie défilé. Aucune trace de minéralisation (oxydes ou sulfures) n'a été décelée. L'âge de mise en place de ces filons est probablement à rattacher à l'orogène varisque. L'un des faits marquants sur cette zone est également la présence, au Sud d'une ligne passant par Villiers-Fossard et le carrefour de La Malbrèche à l'Est (au Nord de Bérigny, sur la D 572) de très importants épandages de blocs de quartz filonien noir, visibles non seulement au niveau des terrains briovériens, mais également remaniés dans la couverture limoneuse et remontés en surface lors des labours. L'abondance de ces éléments de quartz noir témoigne d'une forte activité tectonique cassante dans ce secteur, probablement antérieure au jeu de la faille de la Drôme (quartz déformé, noir).

Enfin, rappelons que le quartz est également abondant dans les formations du Briovérien inférieur, à l'état de veinules ou de lentilles ou amygdales de quartz d'exsudation.

d . Filons doléritiques. Deux affleurements de dolérites ont été observés sur cette zone : l'un, sur la commune de Planquery, au Nord de la ferme de Buguigny, constitué d'une roche vert sombre, fraîche, à grain fin à moyen, à texture doléritique et composée principalement de plagioclases et de clinopyroxène ; l'autre, au niveau de la ferme du Petit Canchy, sur la commune de Castillon, à quelques centaines de mètres de la Drôme, constitué d'une roche très altérée, plus ou moins hydrothermalisée, à débit en boules très prononcé. L'orientation de ces filons semble se situer autour d'une direction N170 à N180°E. Elle reste toutefois très aléatoire étant donné la faible puissance (1 m) et la faible extension de ces filons. L'âge de leur mise en place reste encore très problématique, post-cadomien et probablement antérieur au fonctionnement de l'accident de la Drôme. Si l'on se réfère aux champs filoniens doléritiques reconnus plus au Sud (notamment sur les feuilles Dom-

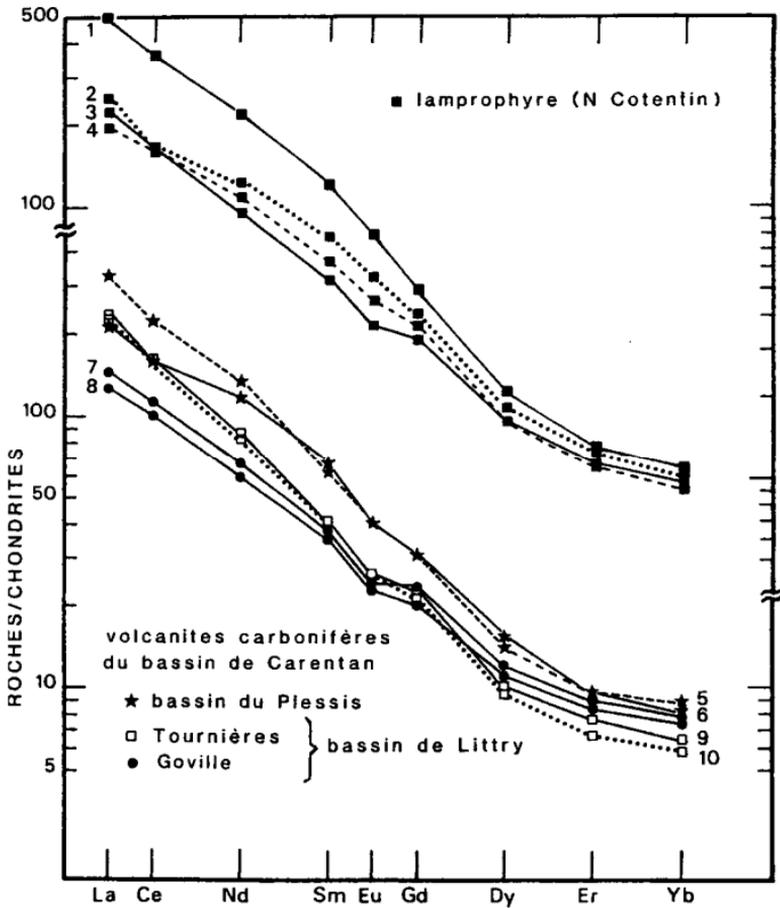


Fig. 13 - Spectres de terres rares des laves carbonifères du bassin de Carentan et des lamprophyres du Nord-Cotentin (lamprophyres : 1 = 957 ; 2 = 1548 ; 3 = 841 ; 4 = 965 A ; volcanites carbonifères : 5 = 699 ; 6 = 1528 B ; 7 = 1527 B ; 8 = 1527 A ; 9 = 1526 A ; 10 = 1526 B) (d'après Le Gall *et al.*, 1989)

front et Landivy : Vernhet et *al.*, 1996, 1997), et de direction identique, on peut éventuellement attribuer à ces filons un âge intradévonien à carbonifère basai correspondant aux premiers stades compressifs varisques (âge de 380 Ma obtenu en 1970 par Leutwein par la méthode potassium/argon).

$\tau\alpha$ - β . **Trachyandésite et basalte à olivine (Carbonifère).** Toujours fortement altérées, ces volcanites ont vu leurs paragenèses largement modifiées avec, notamment, apparition de calcite, chlorite, serpentine, épidote (altération des minéraux ferro-magnésiens) et d'hématite (altération des minéraux opaques). Un examen microscopique minutieux a cependant permis de répertorier deux types de roches (Le Gall et *al.*, 1989) :

- des basaltes à olivine, visibles notamment sur la commune du Molay-Littry, entre les fermes de Goville et de la Succession ; ils se présentent sous la forme d'une roche vert sombre, avec quelques phénocristaux de plagioclases et des fantômes d'olivine totalement iddingsitisée et serpentinisée, nageant dans une pâte feldspathique à microlithes de clinopyroxène, de minéraux opaques et d'apatite ;

— des trachyandésites à biotite, visibles près de Goville et de Tournières ; de

teinte plus claire, ces laves se caractérisent par l'abondance de biotite et l'absence d'olivine. On y distingue également quelques pyroxènes déstabilisés en chlorite et calcite, ainsi que quelques plages de quartz et d'apatite.

Ces deux types sont identiques à ceux recoupés dans les anciens sondages réalisés sur le bassin de Littry (cf. Carbonifère et Permien). Sur le forage de Saint-Martin-de-Blagny, ces volcanites ont été recoupées sur 67 m.

Toutes ces laves montrent une affinité alcaline marquée : $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ compris entre 7 et 8 %, teneurs élevées en incompatibles (Ba, Rb, Sr) et en P_2O_5 . Les spectres des terres rares (fig. 13) sont toujours très fractionnés ($\text{La}/\text{yb} = 25$ à 58) et enrichis en terres rares légères par rapport aux chondrites. Ces magmas seraient issus de la fusion partielle d'une source mantellique enrichie en éléments incompatibles. Leur mise en place, en contexte volcanique intraplaque continental, est associée à la distension post-varisque. Les lamprophyres du Nord-Cotentin ont la même signification géodynamique.

β - α . **Laves basiques d'âge indéterminé.** Un affleurement de quelques mètres a été observé au voisinage de la Formation des Calcaires de La Meauffe, à l'Est, le long de la route reliant le village de Quesney à la ferme du Mont Sauvage. La roche y est très altérée, verte, à grain fin, complètement rétomorphosée et constituée d'un enchevêtrement de plagioclases chloritisés et d'agrégats de chlorite. On y distingue quelques phénocristaux très faiblement orientés de plagioclases très altérés, séricitisés, mais également, probablement, des reliques de minéraux ferro-magnésiens. Les plages

opaques y sont abondantes. Des faciès analogues ont été observés dans ce secteur de La Meauffe, notamment sur Pézerils, et correspondent à des andésites.

ρ - α . **Laves acides d'âge indéterminé.** Trois affleurements très restreints, d'ordre métrique, ont été repérés au Sud de Liteau et de la Bazoque, à proximité des fermes de la Perquelevée, du Moulin-des-Essarts et du Hitrel. Les affleurements observés au niveau de la Perquelevée et du Moulin-des-Essarts (en bordure du ruisseau de Bindoure) sont constitués d'une roche de couleur gris rosé, composée d'un fond microgrenu à plages de feldspath (dominant) associé à du quartz et de fines biotites plus ou moins chloritisées. Dans cette matrice, s'individualisent de grandes lamelles de biotite brun rouge, saine, très peu altérée, ainsi que des porphyroblastes de feldspath potassique et de plagioclase. Ce faciès correspond à une lave acide de type dacite. Le faciès observé au niveau de la ferme du Hitrel (en bordure de la Drôme) est rose, altéré, constitué d'un assemblage microcristallin de quartz et plagioclases (dominants) auxquels s'associent quelques agrégats très irréguliers de chlorite sombre et de rares zircons. Au sein de cette matrice, on distingue des fantômes de phénocristaux de feldspath potassique et de plagioclase, ainsi que de gros globules de quartz, sphériques à subautomorphes, à golfes de corrosion très marqués, typiques des quartz à caractère rhyolitique. Cette roche correspond à un faciès lavique acide de type rhyolite.

Ce faciès est recoupé par des veinules de quartz finement cristallisé, à contours très irréguliers, renfermant aux épontes des enclaves de la roche encaissante.

L'âge de ces deux faciès acide et basique reste inconnu. On note toutefois que ces laves à caractère acide sont sécantes sur les formations du Briovérien, et alignées selon un axe N55 à N60°E (ruisseau de Bindoure et rivière de la Drôme), correspondant à la direction de fracturation des accidents de la Drôme et de la faille limite.

MÉSOZOÏQUE

Les formations mésozoïques sont essentiellement localisées dans la moitié nord de la feuille Balleroy, dans un contexte topographique très peu contrasté, marqué notamment par la présence d'importants plateaux. Le Mésozoïque est ici représenté par les formations du Trias supérieur (Norien supérieur), discordantes sur les formations du Protérozoïque (Briovérien) et du Paléozoïque (Carbonifère et Permien), et par celles du Jurassique, depuis le Lias jusqu'au Dogger (Bajocien supérieur).

Trias

t6. Sables, argiles panachées, cailloutis et calcrètes (Norien supérieur indifférencié). Largement représentés à l'affleurement sur le territoire de la carte, les sédiments triasiques sont d'origine continentale, fluviale ou pédogénique. Ils se décomposent en trois faciès :

- des **calcrètes**, que l'on peut observer dans le prolongement oriental des affleurements de Montmartin et de Neuilly-La Forêt (feuille Carentan ; Baize et *al.*, 1998) et plus particulièrement sur la route D 195 en se dirigeant de Neuilly vers Castilly ; des conglomérats carbonatés triasiques ont aussi été répertoriés dans la partie sud-ouest de la feuille, à Moon-sur-Elle (lieux-dits Cat-Perdu et la Couture) et sur le massif de La Meauffe. Ces calcrètes ont également été recoupées en sondages à Colombières et Bernesq.

Relativement moins abondantes que sur la feuille de Carentan à l'Ouest, ces calcrètes se présentent sous la forme de corps discontinus de calcaires gréseux, de calcaires conglomératiques à galets de Permien rouge ou de quartzite, de calcaires lithographiques ou de cargneules. Il s'agit d'encroûtements carbonatés d'origine pédogénétique (Aubry, 1982) mis en place sous climat aride (néoformation argileuse d'attapulgitite et de sépiolite), développés au voisinage de sources de carbonates (exemple : les cheminées karstiques de dissolution des calcaires de La Meauffe) ou aux dépens des niveaux détritiques déjà en place (sables, cailloutis, argile, Briovérien, etc.) ;

— des **argiles panachées**, surtout rouges, mais aussi vertes, ocre ou noires, plastiques, connues dans la littérature sous le nom d'argiles de Noron-La Poterie, largement représentées dans un secteur s'étendant de Bernesq à Noron en passant par le Molay-Littry, où de nombreuses carrières les exploitent encore à l'heure actuelle. Leur plasticité en fait un matériau de choix pour l'industrie de la poterie, de la céramique et la confection de tuiles. Elles proviennent essentiellement de la remobilisation des argiles rouges permienes, lesquelles présentent, mise à part l'absence de pyrophyllite, les mêmes caractéristiques minéralogiques que les argiles de Noron-La Poterie. La présence de la pyrophyllite témoigne selon J.P. Sagon (1976) d'un enrichissement en alumine du milieu de sédimentation, probablement en kaolinite. Pour J. Aubry (1982), la pyrophyllite peut être soit d'origine détritique, à partir de terrains anté-permiens (pyrophyllite plus abondante autour du Grès armoricain de Colombières), soit d'origine néogène (transformation *in situ* des roches originelles par réarrangement chimique).

Ces argiles peuvent parfois prendre des teintes rousses, verdâtres ou grises.

Des argilites vertes ont également été observées au niveau de la stabulation de la ferme de la Grande-Rocque, à proximité immédiate de la Formation des Calcaires de La Meauffe. Ces argilites vertes à bariolées se mettent en place sur et dans les calcaires de La Meauffe et se marquent par la pré-

sence de galets dispersés de grès quartzitiques et de lentilles de calcaire marquées par d'importantes figures de dissolution ;

- des sables et cailloutis, connus sous le nom de « couches d'Eroudeville », dont les témoins les plus caractéristiques sont connus à Colombières, Rubercy et au Sud-Est de la feuille (La Belle Epine, bordure orientale de la feuille). Les sables sont siliceux, parfois fins et bien classés, à grain souvent non usé, parfois mat, traduisant une action éolienne. Ils peuvent renfermer quelques minéraux ubiquistes tels que tourmaline, zircon et rutile. On note l'absence d'épidote et hornblende (au contraire des alluvions quaternaires). Les galets sont majoritairement constitués de grès quartzitiques et de quartz filonien. Leur façonnement en arêtes émoussées, leur indice d'aplatissement et de dissymétrie traduisent un milieu de dépôt typiquement torrentiel (Vattier, 1959). On trouve fréquemment des silicifications cavernieuses plates (silcrètes ?), notamment à Colombières. Ces formations à sables et cailloutis sont particulièrement bien représentées tout le long du contact Briovérien-Trias. Ces terrains ont fait l'objet de nombreuses exploitations, notamment dans les bois du Quesnay et du Vernay, ainsi que près de l'Embranchement (forêt de Cerisy) ; les matériaux extraits (galets et sables) étaient utilisés pour charger les routes, les chemins et cours de fermes. Quelques témoins résiduels, marqués par des épandages de galets, témoignent de l'extension plus à l'Ouest de ces formations.

Concernant les relations entre ces trois faciès, aucune continuité latérale ne peut être démontrée, ces corps sédimentaires étant lenticulaires. Aucun ordre stratigraphique n'existe entre ces trois termes, les faciès étant étroitement imbriqués et chacun d'entre eux passant latéralement à l'un ou l'autre des faciès. Ceci se traduit par exemple par l'observation fréquente de Trias sous forme de sables argileux à galets de quartzites et à blocs de calcrètes.

Daté du Keuper supérieur par le cortège pollinique d'un horizon de la carrière d'Eroudeville (feuille Sainte-Mère-Eglise), ce Trias du bassin de Carentan constitue bien une entité stratigraphique et ne peut plus être rattaché au Permien sous l'appellation Permo-Trias des anciennes cartes à 1/80 000. Ceci est d'autant plus vrai qu'il apparaît clairement discordant sur le Permien et que son identité sédimentologique est affirmée par rapport à celui-ci. Sur le plan minéralogique, ce Trias (t6) se différencie nettement du Permien par la présence généralisée de pyrophyllite et, dans les calcrètes, d'attapulгите et de sépiolite. Il se marque également par une baisse de cristallinité de l'illite par rapport au Permien, progressive jusqu'au Lias. Ce Trias (t6) atteint des épaisseurs maximales à Trévières et au Breuil (30 m environ, 40 m dans le sondage de Mandeville), alors qu'il peut n'être représenté que par une fine couche superficielle de galets sur les formations plus anciennes (Sainte-Marguerite-d'Elle).

t6. Formation résiduelle : galets du Trias. Les placages résiduels sur le Briovérien de Trias à sables et graviers sont fréquents sur le pourtour du contact actuel Briovérien-Trias. Ces placages sont constitués de galets typiques de la formation triasique t6, disséminés et mélangés aux éléments de siltites et grès du Briovérien, plus ou moins rubéfiés. Ces résidus de placages, largement représentés au Nord et à l'Est, constituent des témoins de l'extension vers le Sud et vers l'Ouest du Trias.

t7-11. Argiles à lignite d'Airel (Rhétien-Hettangien inférieur). Ces dépôts de type lacustre à lagunaire ont été reconnus à l'affleurement dans les carrières d'Airel et de Saint-Fromond (Larsonneur, 1962) et identifiés ultérieurement par C. Pareyn (1980) puis J. Aubry (1982) sur les communes du Désert et de Saint-Fromond (feuille Carentan) ainsi que dans quelques sondages.

Globalement il s'agit d'alternances d'argiles grises, parfois rouges, vertes ou ocre, de sables gris carbonatés, d'horizons de lignite et de calcaires gréseux poudinguiques à galets de boue. Ces derniers niveaux ont fourni dans les carrières d'Airel et de Saint-Fromond une faune et une flore très riches et variées (Larsonneur, 1962, 1964 ; Larsonneur et Lapparent (de), 1966). La flore est constituée de fragments de gymnospermes (cupressales), d'oogones de Chara et d'abondants pollens. La faune, très riche, comprend des lamellibranches d'eau douce (*Neridomus*, *Bakevellia*, *Estrapezium*), des gastéropodes (*Neritina*), des ostracodes (*Darwinula*) et surtout des vertébrés : des poissons holostéens (*Semionotus normanniae*) et un reptile dinosaure (os et vertèbres de *Halticosaurus*).

Quelques sondages réalisés en bordure de la cuesta liasique ont livré des sédiments proches de ceux décrits à Airel, mais seul celui de Rubercy (Bas-Hameau) les a recoupés dès les premiers mètres. L'âge de ces sédiments lacustres ou lagunaires n'est pas tranché totalement et s'étale, selon les auteurs, depuis le Rhétien jusqu'à l'Hettangien basal. Cette série discontinue repose latéralement sur le Trias ou directement sur le Permien. Le contact avec les niveaux plus anciens est marqué, à la vue des observations faites sur les forages, par une surface de ravinement, preuve d'une érosion post-triasique. Elle précède la transgression marine liasique qui se manifestera franchement au Sinémurien.

Jurassique

12. Calcaires à gryphées (Sinémurien). Les formations d'âge sinémurien représentent les premiers témoins de la transgression marine jurassique sur la feuille Balleroy. Cependant, à l'échelle régionale, elles succèdent en fait aux calcaires marins hettangiens d'Osmanville (feuille Sainte-Mère-Église)

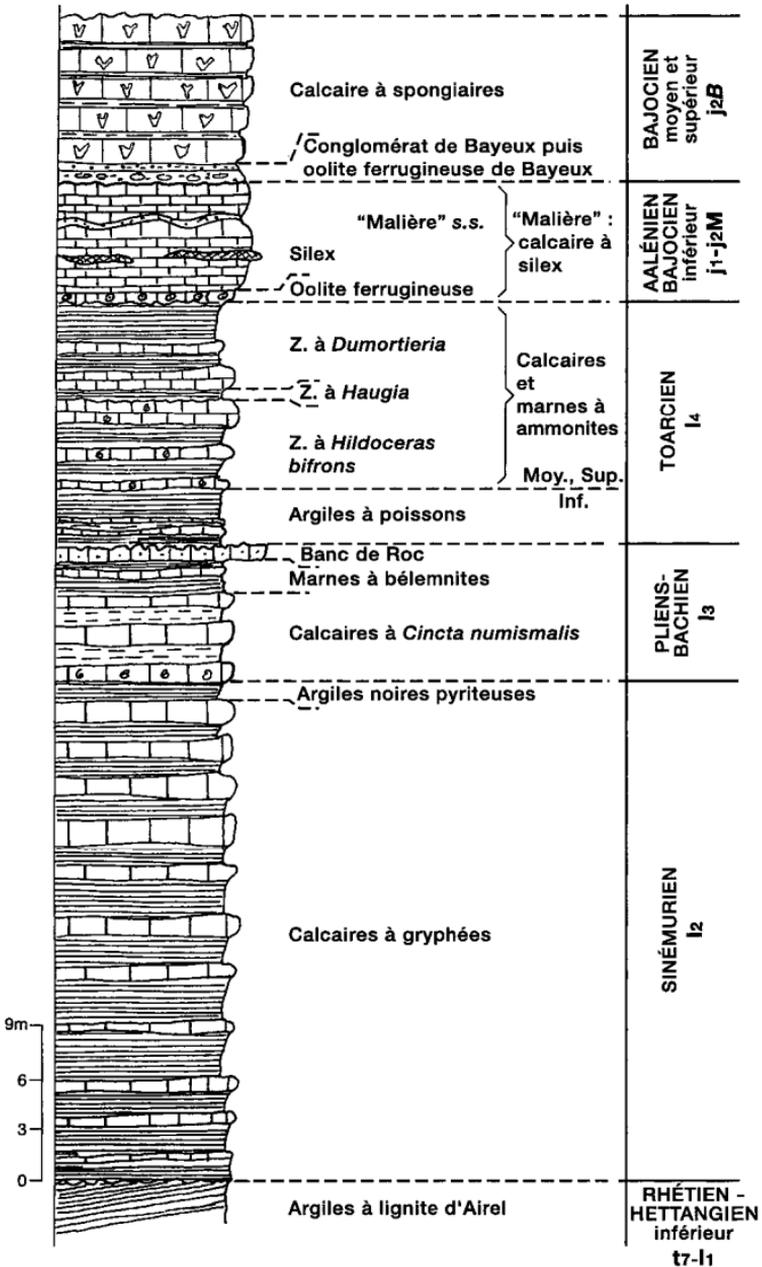


Fig. 14 - Colonne stratigraphique simplifiée du Jurassique inférieur et moyen de la feuille Balleroy à 1/50 000

sur lesquels elles reposent en légère discordance (fig. 14). L'épaisseur de ces terrains est en moyenne de 30 m, mais elle peut atteindre jusqu'à une cinquantaine de mètres (sondage de Mandeville). Sur le secteur considéré, le Sinémurien affleure largement entre Aignerville et Arganchy où il constitue la base de la cuesta liasique et apparaît clairement transgressif sur le Trias. Il est jalonné par de nombreux anciens fours à chaux qui furent en activité jusqu'en 1960. D'autres témoins de la transgression sinémurienne, plus avancée sur les terrains permien et triasiques sont également à signaler :

- la lanière de Cartigny-La Croix-Hurault, limitée au Nord (et peut-être de la même manière au Sud) par une faille encore observable dans l'ancienne carrière située au Nord de la route D 15 ; les marnes et calcaires ont été datés du Sinémurien inférieur (Rioult, 1967) ;
- les affleurements décrits par différents auteurs (Caumont (de), Bigot, Mercier, Rioult) au Nord-Est et au Sud-Est de Vouilly.

Cette formation est constituée d'une succession monotone banc argileux-banc calcaire, les bancs calcaires ayant tendance à s'épaissir vers le haut de la formation à l'inverse des horizons argileux. Les niveaux calcaires ont des teintes variant du gris foncé au beige et ont parfois une cassure sublithographique. Les bancs sont parfois bioturbés ou lumachelliques. Ce faciès typique est très courant, notamment dans les carrières de Dungy, Crouay, Subies, Arganchy, etc. Les bancs calcaires apparaissent alors noduleux et magnésiens et ne sont parfois séparés que par un mince lit argileux, conférant ainsi au front de taille un véritable aspect de mur : c'est ce que les carriers appellent « la castine » et que les auteurs placent au sommet du Sinémurien inférieur (Rioult, 1967 ; Fily et *al.*, 1989). C'est le cas à Campigny et à Crouay, à la base des fronts de taille. Près d'Agy, les calcaires sinémuriens prennent un faciès singulier : ils sont très chargés en quartz et en galets triasiques et très riches en coquilles brisées ou remaniées. Les bancs inférieurs sont noduleux et limités par des surfaces d'érosion. Ils correspondent au niveau transgressif qui vient coiffer le Trias et sont datés du Sinémurien supérieur (Rioult, 1967). La série sinémurienne se termine par des argiles noires pyriteuses. Cette sédimentation terrigène et rythmée traduit une sédimentation en milieu peu profond (vasière littorale), en contexte subsident, car, si elle n'atteint qu'une trentaine de mètres sur cette zone, elle a été reconnue sur 100 m, plus au Nord, près de Sainte-Mère-Eglise.

Du pont de vue faunistique, les calcaires sinémuriens sont caractérisés par l'abondance des gryphées (*Gryphea arcuata* au Sinémurien inférieur et *Gryphea macculochi* au Sinémurien supérieur) et des bivalves benthiques en général (*Pinna*, *Chlamys*, *Pholadomya*, *Pleuromya*,...). Les espèces-indices d'ammonites des différentes zones du Sinémurien (sauf de la base) ont été répertoriées (*Arietites*, *Arnioceras*, *Promicroceras*,...). Les premiers brachiopodes, nautilus et bélemnites (*Nannobelus acutus*) du Lias apparaissent

dans les couches du Sinémurien inférieur. Les crinoïdes (*Isocrinus tuberculatus*) sont de plus en plus nombreux vers le sommet. Notons également l'existence de niveaux calcaires à Diplocraterion (terriers en U).

13. Calcaires à bélemnites (Pliensbachien). Peu épaisse (6 à 9 m aux sondages de Mandeville et Barbeville), cette formation est formée de trois membres avec, à la base, des calcaires à *Cincta numismalis*, puis des marnes à bélemnites et enfin le Banc de Roc, ces deux derniers niveaux ayant au maximum une puissance cumulée de 3 à 4 mètres (fig. 14). L'ancienne carrière de Subies (x = 375,000 ; y = 1176,300), près du Jardin du Pressoir, offre une coupe relativement complète des marnes et calcaires du Pliensbachien.

Les calcaires à *Cincta numismalis* reposent sur les argiles noires pyriteuses qui terminent la série sinémurienne. Ils sont datés du Carixien inférieur et moyen et sont constitués d'une alternance rythmée de marnes et de calcaires similaire à celle déjà décrite pour le Sinémurien. La faune est renouvelée et caractérisée en particulier par l'apparition de bélemnites plus grosses (*Passaloteuthis*, *Hastites*).

Les marnes à bélemnites, qui reposent sur le dernier et le plus important des bancs de calcaires à *Cincta numismalis* par l'intermédiaire d'une argile crinoïdique, sont remarquables par l'abondance des rostrés de bélemnites et la présence d'ammonites pyriteuses (*Amaltheus stockesi*) attribuées au début du Domérien. Le sommet du dernier banc de calcaire micritique, terminant les marnes à bélemnites, est perforé et érodé par un gros banc (1,20 m) de calcaire bioclastique, très dur, contenant des oolites ferrugineuses et des grains de glauconie. Les rostrés de bélemnites, les débris d'échinodermes et de mollusques (*Pseudopecten*, *Plagiostoma*, *Entolium*, *Gryphea*) y abondent : c'est le Banc de Roc. On peut également y récolter des ammonites (*Pleuroceras solare* et *P. spinatum*) et des brachiopodes (*Lobothyris*, *Zeilleria*, *Spiriferina*, *Homoeorhynchia*, etc.). Il constitue un excellent banc repère par ses caractères lithologiques et faunistiques constants, mais également du fait qu'il forme en général une rupture de pente entre les marnes à bélemnites et les argiles à poissons du Toarcien.

14. Argiles à poissons ; Calcaires et marnes à ammonites (Toarcien). Peu de sites sont propices à l'observation des assises toarciennes : on citera le talus de la D 169, au Nord de Ranchy, sous la ligne S.N.C.F., et l'ancienne carrière de Subles-Arganchy (x = 376,500 ; y = 1176,000). Plusieurs sondages les ont traversées (Mandeville, Saon, Tour, Barbeville) sur des épaisseurs de 5 à 6 m. Sur la surface ravinée du toit du Banc de Roc, les Argiles à poissons débutent par quelques minces bancs de calcaires micritiques grisâtres séparés par des argiles grises, alternances qui rappellent les calcaires à bélemnites du Pliensbachien. Viennent ensuite des argiles noires à intercalations de schistes carton bruns bitumineux. Des restes de poissons

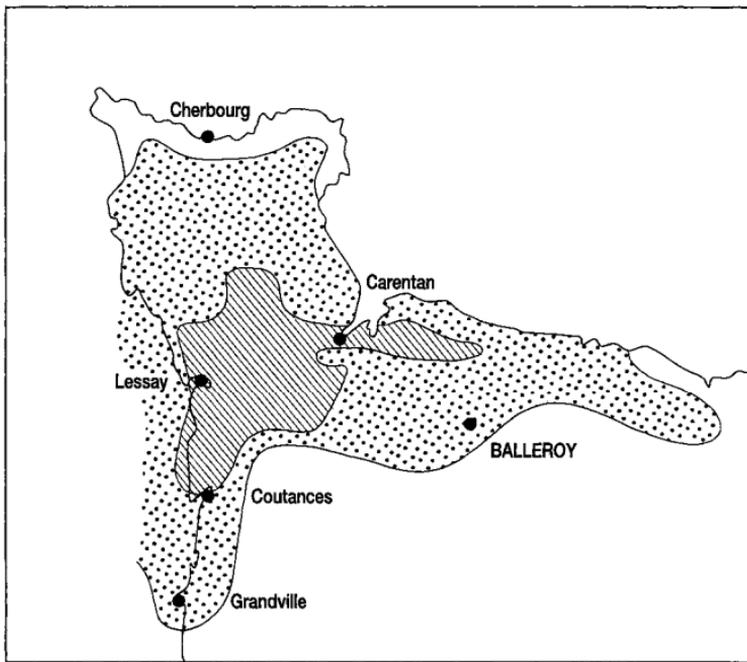
(écailles, ossements de *Leptolepis coryphaenoïdes*) ont été décrits sur le territoire de la feuille Grandcamp-Maisy. Cette unité, datée du Toarcien inférieur, semble ici moins épaisse (2 m) que sur la feuille Grandcamp-Maisy où elle atteint 3,50 m. Elle traduit des conditions de sédimentation confinées.

Au-dessus, se développent les Calcaires et marnes à ammonites (fig. 14). Ils sont très fossilifères (coquilles phosphatées) et de teinte plutôt beige. Les bancs de calcaires micritiques minces ou noduleux sont fréquemment bioturbés (chondrites) et contiennent une riche faune de céphalopodes nageurs et notamment d'ammonites caractéristiques des zones du Toarcien moyen et supérieur (*Dactyloceras*, *Harporceras*, *Hildoceras bifrons*, *Haugia variabilis*,...). La faune benthique qui a été décimée par les conditions qui ont régné pendant le dépôt des Argiles à poissons, commence à se reconstituer, avec un renouvellement des mollusques et des brachiopodes. Les conditions redevennent franchement ouvertes et pélagiques ; on atteint le maximum de la transgression liasique sur le Massif armoricain.

j1-2M. Calcaires à silex : « Malière » (Aalénien-Bajocien inférieur p.p.). La Malière, telle qu'elle est connue sur le littoral à Sainte-Honorine-des-Pertes (feuille Grandcamp-Maisy), n'a pratiquement pas été observée ici. Elle est le plus souvent présente sous la forme de calcaires, partiellement ou totalement décalcifiés, contenant quelques silex gris ou noirs (Vaucelles). Un affleurement sain était autrefois observable près de l'église de Tour-en-Bessin. Elle est en fait le plus souvent totalement argilifiée, constituant une des sources majeures des argiles à silicification (S) du plateau. La Malière a été reconnue dans plusieurs sondages (Tour-en-Bessin, Maisons,...) où elle n'excède pas 11 m de puissance. Sous son faciès sain (fig. 14), elle débute par un mince horizon calcaire à oolites ferrugineuses représentant la base de l'Aalénien. La Malière s.s. est constituée de calcaires gris ou beiges dans lesquels s'intercalent des niveaux de silex gris ou noirs, en tables parfois épaisses de 40 cm, ou en nodules difformes. Ces couches sont, à l'exception de quelques bivalves, peu fossilifères. A l'échelle régionale, La Malière se termine au Nord, sur le platier de Sainte-Honorine-des-Pertes (feuille Grandcamp-Maisy), par un niveau fortement bioturbé, à glauconie, la Couche verte, ravinée par un conglomérat phosphaté. Ce niveau, bien que n'affleurant pas dans la région de Balleroy, est à signaler.

j2B. Conglomérat de Bayeux ; Oolite ferrugineuse de Bayeux ; Calcaires à spongiaires (Bajocien moyen et supérieur). Cette notation j2B regroupe plusieurs formations (fig. 14) qui, compte tenu de la très faible épaisseur de certaines d'entre elles, ne peuvent être séparées cartographiquement.

Le Bajocien moyen est représenté par le Conglomérat de Bayeux à oncolites ferrugineux associé à un manteau stromatolithique ; les fossiles sont



 Pléistocène : enveloppe des témoins
de sables de Saint-Vigor

 Néogène et Pléistocène inférieur

**Fig. 15 - Extension respective des formations du Miocène - Pliocène supérieur,
du Pléistocène basal et de la
formation postérieure des sables de St-Vigor (Pléistocène indéterminé)
(d'après Pareyn, 1987)**

abondants, remaniés ou en place. L'Oolite ferrugineuse de Bayeux vient compléter ce duo condensé, épais de quelques centimètres à un demi mètre, qui représente toute les zones du Bajocien moyen et supérieur *pro parte*. Pour une description plus détaillée du stratotype, il est conseillé de se reporter à l'article de M. Rioult (1964) qui fait référence. Le stratotype du Bajocien se poursuit par une formation calcaire de couleur blanche à beige, autrefois appelé « Oolite blanche », qui correspond au sommet du Bajocien supérieur : c'est le Calcaire à spongiaires. C'est en fait le seul membre de cet ensemble qui a été repéré à l'affleurement sur le territoire de la carte, sur les rives de la Drôme (Maisons, Sully,...) et la rive gauche de l'Aure inférieure (Etreham). Une grande partie du vaste plateau de Tour-en-Bessin-Mosles s'appuie sur les Calcaires à spongiaires, comme en témoignent les nombreux forages, masqués cependant par les argiles superficielles à silicification (S). Sur le platier du Bessin, ces calcaires sont épais de 9 à 12 m, ce qui semble être du même ordre de grandeur dans les forages de Maisons et Tour-en-Bessin. Le calcaire à spongiaires est caractérisé par l'abondance des éponges, parfois grandes et en écuelles ou en coupes, parfois petites et encroûtantes. Quelques bancs de calcaires bioclastiques à « pseudo-oolites » blanches argileuses sont intercalés (Etreham).

QUATERNAIRE ET FORMATIONS SUPERFICIELLES

Formations marines

IV. Sables de Saint-Vigor (Pléistocène). Divers auteurs dont H. Elhaï (1963), P. Giresse (1968) et F. Coutard (1983) se sont intéressés aux gisements de sables, parfois couronnés par des galets, qui étaient attribués au Pliocène sur les anciennes cartes à 1/80 000. Longtemps considérés comme pliocènes, par analogie avec les sables rouges de Bretagne, leur âge reste encore actuellement problématique, en raison notamment de l'absence de fossiles bien conservés. Seuls quelques restes de fossiles remaniés (débris de coquilles, bryozoaires silicifiés, spicules d'éponges) y ont été signalés dans la région de Carentan. Les travaux récents réalisés par S. Baize sur la feuille Carentan (Baize et *al.*, 1998) lui ont permis d'attribuer à ces faciès, largement représentés sur cette zone, un âge pléistocène, voir même Pléistocène inférieur (communication orale, 1998) (fig. 15).

Dans la région de Balleroy, ces sables ont été reconnus à l'affleurement en plusieurs points, notamment au niveau de la faille limite du bassin de Carentan où ils constituent une bande, près de Bernesq où quelques gisements ont été distingués, près de Villiers-Fossard, où un site isolé a été cartographié et près de Bayeux, où une surface peu étendue, en liaison avec les gisements importants de Saint-Vigor et d'Esquay, a été repérée. Toutefois, des études plus précises devront être réalisées pour savoir si tous les gise-

ments présents sur ce secteur peuvent réellement être assimilés à ceux de Saint-Vigor et de Crouay (Baize, thèse en cours).

Ces sables sont siliceux, parfois argileux, de couleur jaune d'or, rouille ou blanchâtre ; ils sont en général bien classés, mais à granulométrie variable : ils sont fins à Bernesq ($Md = 125$ à $150 \mu m$), en général compris entre 180 et $380 \mu m$ à Bayeux et Villiers-Fossard. Des cordons de galets émoussés, des poches de graviers et des lentilles argileuses sont parfois observables. Ils sont totalement décalcifiés, riches en grains de quartz émoussés luisants (40 à 60% dans les classes moyennes) mais quasiment dépourvus de grains non usés. L'existence de grains de glauconie dans les niveaux non oxydés atteste de leur origine marine. Certains sites ont livré une fraction importante de grains ronds mats ce qui, couplé à l'analyse des structures sédimentaires (stratifications obliques, etc.), permet de proposer un milieu de dépôt peu profond à franchement littoral, avec possibilité d'édification de dunes (Poncet, 1965). L'épaisseur de cette formation n'a pu être précisée sur la zone de Balleroy. Signalons qu'elle peut atteindre 17 à 20 m au niveau des gisements de Goville et de Crouay.

L'origine géographique de ces sables est toujours sujette à discussion. L'absence d'amphiboles dans les cortèges de minéraux lourds semble exclure la diorite de Coutances et les granites voisins comme sources. Ces cortèges de minéraux lourds sont variables d'un site à l'autre, ce qui traduit des origines géographiques différentes (Giresse, 1968). Le gisement de Villiers-Fossard possède une plus forte proportion de minéraux ubiquistes (tourmaline, zircon, rutile, originaires des terrains permo-triasiques régionaux) que ceux de Bernesq ou de Bayeux qui sont eux relativement enrichis en minéraux du métamorphisme général (andalousite, staurotide, disthène, provenant de l'érosion des terrains secondaires du bassin de Paris). La zone de Lessay (feuille Bayeux) aurait, quant à elle, eu des apports mixtes du large. Dans ce modèle, l'essentiel des sables serait par conséquent issu d'un remaniement de matériel ancien (sables triasiques ou secondaires).

Formations fluviales

Fv. Alluvions périglaciaires (Pléistocène inférieur). Situées à 30 m au-dessus des fonds de vallées actuelles, ces témoins fluviaux anciens sont rares et à matrice très argileuse. Citons ceux de Bayeux, Tour-en-Bessin, Barbeville (Le Castelet), Ranchy. Leur matériel est pour partie emprunté aux vieux épandages quartzeux, comme celui de Campigny.

Fw. Alluvions périglaciaires (Pléistocène moyen, pré-Saalien). D'autres nappes, appartenant probablement à une phase plus ancienne du Quaternaire moyen, ont été répertoriées à 20 m au-dessus des fonds actuels des vallées,

notamment aux Hérils à l'Est de Maisons, aux Pérettes à l'Ouest de Sully, à Rubercy et au Pont Flabert, au Nord de Tour-en-Bessin. Leur épaisseur est faible, de l'ordre du mètre, et elles contiennent des galets de grès, de quartzites, de quartz, de silex (15 à 18 %) et parfois de grès de type Cinglais (4 % aux Hérils, commune de Maisons).

Fx. Alluvions périglaciaires (Pléistocène moyen, Saalien). Environ 7 m au-dessus du fond actuel des vallées, subsistent quelques lambeaux de nappes dont les galets sont peu altérés. Premier ensemble précédant celui des nappes de fond weichséliennes, on peut logiquement l'attribuer au Saalien. Il est reconnu sur la vallée de l'Elle à Moon-sur-Elle. Epais de 1,5 à 2 m, il contient une forte proportion d'éléments schisto-gréseux briovériens (52 %), de quartz (35 %), et de grès (13 %). On le retrouve également dans la vallée de la Drôme à Barbeville (Pont Roch) et Vaucelles (la Caterie). À Pont Roch, sa composition est la suivante : 40 à 50 % de schistes et grès briovériens, 25 % de quartz, 15 à 30 % de grès et quartzites, 6 à 10 % de silex. Le long de l'Aure, la nappe saalienne est cachée sous environ 2 m de limons au Nord de Mosles et de Tour-en-Bessin (la Bergerie, Béquet) et elle affleure à Trévières (le Lieu Gourbault).

Fz. Alluvions récentes (Holocène). Les fonds des principales vallées sont comblés par des limons sableux ou argileux dont l'épaisseur varie de 0,70-1,20 m, dans les cours amonts, à 2,00-2,50 m, dans le cours médian de la Drôme (Pont Roch), et 3,00-3,50 m, dans celui de l'Aure à Trévières. Sous les sédiments fins holocènes, la nappe de fond est graveleuse et caillouteuse ; son épaisseur est de 0,50 à 0,80 m dans la vallée de l'Elle (Sainte-Marguerite-d'Elle) et de 1,50 à 2,20 m dans la vallée de la Drôme (Pont Roch). À cet endroit, elle est constituée d'éléments schisteux et gréseux du Briovérien (49 %), de quartz roulés (37 %), de grès et quartzites (11 %), de calcaire (3 %) et d'une matrice sableuse. Une bonne partie de la vaste tourbière de la vallée inférieure de l'Aure s'étend sur la feuille Balleroy. Ces tourbes sont en majorité alcalines, ou localement acidifiées et à sphaignes. Leur épaisseur atteint 5 à 6 m dans ce secteur, mais peut, sur la feuille Carentan, atteindre 12 m (marais du Mesnil, tourbière de Baupete).

Formations éoliennes

Œy. Lœss (Weichsélien = Würm). Ces dépôts sont homogènes et correspondent à une accumulation de fines particules minérales, transportées par les vents au cours du Weichsélien. La répartition de ces dépôts est en partie contrôlée par la morphologie du paysage, ceux-ci s'accumulent en effet préférentiellement au sommet et sur les versants nord et nord-est des collines, mais également sur les versants orientaux des reliefs (zones situées à l'abri des vents). La couverture lœssique (limons à doublets) est largement

développée dans la moitié nord-est de la feuille, sur les bas-plateaux des Oubeaux, Lison, La Folie et de Mosles, Tour-en-Bessin, Cottin où elle atteint 2 à 3,50 m sur les versants orientés au Nord ou à l'Est. En revanche, les placages sont moins étendus et moins épais sur les formations briovériennes (0,75 à 1,50 m) avec, cependant, quelques beaux placages dans les régions de Berigny-Litteau, Planquery (bois de Baugy), au Sud-Ouest de Couvains, et le long de la D 6 reliant Saint-Lô à Saint-Clair-sur-Elle. Sur le Trias et le Permien, les dépôts éoliens sont également réduits avec des épaisseurs de l'ordre de 1,50 à 1,80 m. L'épaisseur de ces formations atteint 3,5 m à Vouilly, (Pont Bénard), 2,4 m à Mosles, 2,00 m à Sully, 1,5 à 1,8 m autour de Lison.

De teinte beige à brune, voire rouge, quand ils sont en contact avec les argiles permienues et triasiques, ils ont toutes les caractéristiques granulométriques d'un dépôt éolien : une médiane comprise entre 25 et 30 μm , une proportion plus forte d'argile que de sable fin (inférieure à 15 %) une majorité de particules silteuses (entre 2 et 50 μm) et une courbe cumulative sigmoïde (Lautridou, 1985). La teneur en argile varie entre 12 et 20 % (kaolinite dominante, illite, vermiculite et chlorite). Ils sont cependant plus fins sur le socle protérozoïque (15 à 25 μm). Leur base y est également litée, contenant alors de petits gélifracis de schistes. Le minéral dominant est le quartz (sauf au-dessous de 2 μm), accompagné de quelques débris de feldspaths (plagioclase et microcline, dans la fraction supérieure à 20 μm) et de quelques paillettes de muscovite (dans les fractions 2-20 μm et 50-200 μm). Par leur cortège de minéraux lourds à base d'ubiquistes, de minéraux de métamorphisme et minéraux verts (épidote, hornblende), ils appartiennent à la couverture générale de la Normandie. A noter, cependant, une moindre présence de minéraux de métamorphisme (andalousite, staurotide) et, au contraire, une plus forte présence de l'épidote, de la hornblende sur le socle précambrien. Les niveaux anciens de l'unité weichsélienne semblent être absents et seul subsiste le lœss supérieur, daté du Pléniglaciaire supérieur du Weichsélien (29 000 à 13 000 BP) dans les stratotypes hauts-normands.

Outre l'intérêt pour l'agriculture (terres à blé, à maïs, à pépinières), ces terres ont été très localement exploitées de façon très artisanale pour la poterie ainsi que pour les colombages.

Formations fluvi-marines

Mz. Formation sablo-argileuse (Flandrien). À l'extrême nord-ouest de la feuille, apparaît la terminaison d'une formation sablo-argileuse qui s'étend au pied d'Osmanville, autour du lieu-dit Montauré (feuille Grancamp-Maisy). Récemment découverte lors d'un sondage, elle est, dans l'état actuel des connaissances, attribuée au Flandrien.

Formations d'altération

Ab. Altérites des terrains sédimentaires briovériens. Les altérites des formations briovériennes n'ont été prises en compte que dans les secteurs où elles apparaissent particulièrement développées (puissance d'ordre plurimétrique) et très évoluées. Ces altérites sont essentiellement développées dans la partie centrale de la carte, au niveau de la forêt domaniale de Cerisy, mais ont également été observées vers Couvain et le Bois de Bretel. Elles se présentent sous la forme de couches plus ou moins continues d'argile beige à jaunâtre constituées à 60 % de kaolinite. Vers Villiers-Fossard, ces altérites se présentent préférentiellement sous la forme de poches d'argile jaunâtre ou de poches de roches pulvérulentes. Ces altérites se caractérisent, d'autre part, par la présence de nombreux éléments centimétriques de quartz anguleux et cariés, caractéristiques des formations du Briovérien phthanitique. Au Nord de Saint-Georges-d'Elle et dans la forêt de Cerisy, de fortes concentrations de quartz, associées à des sables grossiers ou à des poches de roche altérée, sont les témoins de l'ancienne extension du manteau latéritique. Sur sa frange de contact avec le Permien, le Briovérien est fragilisé, fréquemment argilifié, et teinté en rouge lie-de-vin. Il s'agirait de témoins exhumés de la surface post-hercynienne infra-permienne. Sur le reste de la feuille, ces altérites apparaissent nettement moins développées (puissance d'ordre métrique), peu évoluées (stade de la fragmentation, avec éléments mélangés aux limons). Les grauwackes du Briovérien se décomposent en fragments centimétriques de couleur gris-beige à beige, ainsi qu'en sable à grain moyen à fin, très argileux. Les siltites se débitent en petites plaquettes gris-beige à bleu verdâtre, et peuvent constituer un limon gris très argileux.

aj. Argiles à silicifications et à silex. Masquant une grande partie des formations jurassiques de la cuesta liasique et du plateau de Tour-en-Bessin, cette formation argileuse, visible notamment entre Rubercy et Subies, se développe aux dépens des formations calcaires sous-jacentes. Elle contient de nombreuses silicifications (à Mosles, par exemple), dont le stock est constitué, d'une part de silex gris et noirs aaléniens (fraction héritée) et, d'autre part, de silicifications *per descensum* lobées ou mamelonnées. Elle est plus homogène lorsque son substrat est dépourvu de silex, comme c'est le cas sur « l'Oolite blanche » par exemple (Maisons, Sully).

La fraction argileuse est toujours constituée d'un mélange de kaolinite-illite et de smectite. Enfin, l'épaisseur de cette formation atteint 4 à 5 m à Barbeville et Tour-en-Bessin, et pratiquement 10 m au hameau de Gruchy (commune de Saon).

Formations résiduelles

▲. Grès de type Cinglais. Dans le secteur sud-est de la feuille, aux alentours des communes de Cahagnolles et de Sainte-Honorine-de-Ducy, des concentrations de blocs de grès tertiaire, semblables à ceux décrits dans la région du Cinglais au Sud de Caen (Lemaitre, 1955), ont été observées sur les hautes surfaces à 110-130 m. Leur âge est inconnu, Tertiaire ou Quaternaire ?. La consolidation est vraisemblablement due à la précipitation d'un ciment associé à une circulation de fluides chargés en silice. Cette formation semble résulter d'un processus pédogénétique.

Formations fluviatiles résiduelles, largement solifluées

RQ. Épandages quartzeux. La feuille Balleroy ne possède que de rares témoins d'épandages à dominante quartzreuse se situant à l'Ouest de Moon-sur-Elle et à Campigny, au lieu-dit la Commune, où, épais de 2 m, ils ravinent l'argile à silex Aj. Ces épandages sont également connus sur la feuille voisine de Carentan où ils sont plus développés. La fraction argileuse est marquée par l'abondance de la kaolinite dont le taux atteint 30 à 35 %. Il est manifeste que des actions fluviatiles ont, tôt dans le Quaternaire, amené un démantèlement et un remaniement des altérites Ab formées sur les hauteurs (110 à 140 m d'altitude) qui les ont façonnées et déposées sur les glacis situés en contre-bas, entre 40 et 80 m d'altitude.

Formations de versants

SH. Dépôts de versants : éboulis et « head ». Ce type de dépôt est rare sur la feuille Balleroy, car sa formation suppose une certaine énergie et une forte pente. Des dépôts comparables à des « heads » ont été identifiés au Sud de Vaucelles (le Moulin Morin) et près de Ranchy (le Moulin) en bordure de la plaine alluviale actuelle ; ils sont constitués d'éléments anguleux non jointifs de silex dans une matrice limoneuse. Cependant, la plupart des versants de la Drôme sont recouverts d'une masse glissée argilo-sableuse contenant des éléments issus de la Malière aalénienne (silex, calcaire décalcifié,...), de nappes anciennes (galets de quartzites,...) ou de l'argile à silex. Le site de Bérigny est dérivé d'un filon de quartz et de ses schistes gréseux encaissants.

La mise en place de ce type de formations superficielles est contemporaine des climats périglaciaires quaternaires.

C. Colluvions de fond de vallon indifférenciées : limons argilo-sableux à débris lithiques. Elles sont représentées dans les fonds de val-

lons du plateau de Tour-en-Bessin, où la couverture lœssique a alimenté les colluvions limoneuses. Sur le socle briovérien, les parties amonts des vallons ont parfois d'importants comblements colluviaux. Par exemple, sur la route Bayeux-Saint-Lô, à hauteur de Bérigny, des travaux d'élargissement ont recoupé un dépôt de pente stratifié épais de 4 à 5 m. Il existe également des dépôts de débris de schistes calibrés de 2,5 à 3 m de puissance. La règle générale est différente avec, souvent, des colluvions hétérogènes sur 0,8 à 1,2 m recouvrant un dépôt cryoclastique épais lui-même de 1 à 2 m.

CONDITIONS DE FORMATION DES ENTITÉS GÉOLOGIQUES

LE PROTÉROZOÏQUE SUPÉRIEUR : LE BRIOVÉRIEN ET L'OROGENÈSE CADOMIENNE

Les terrains les plus anciens répertoriés sur cette zone appartiennent au Protérozoïque supérieur (Briovérien). L'histoire géologique de la région de Balleroy commence par la mise en place, entre -640 et -585 Ma, des terrains du Briovérien inférieur ou phtanitique composés de dépôts sédimentaires silteux et grauwackeux à éléments volcaniques remaniés, et de niveaux phtanitiques. Ces terrains constituent la Formation de Saint-Lô. Ces dépôts terrigènes silteux (b1S) et tufacés (b1G) sont issus du démantèlement des roches volcaniques du Briovérien inférieur (magmatisme d'arc), visibles à l'Ouest, sur les feuilles Saint-Lô, Coutances, ainsi, probablement, que d'un substratum, inconnu à l'affleurement. Par leur caractère très immature et l'abondance des éléments volcaniques remaniés, ils sont assimilables à des dépôts en milieu marin, placés dans un environnement d'arc insulaire (Dupret et *al.*, 1990). Les études réalisées par M.P. Dabard (1997), confirment l'existence d'un milieu marin peu profond, sporadiquement émergé, évoluant entre la zone tidale et la zone d'« offshore » supérieur, où la dynamique des dépôts est contrôlée par l'action des tempêtes. Les intercalations phtanitiques (b1Ph), présentes sur cette feuille Balleroy, résulteraient de processus diagénétiques de silicification, sous conditions de pH et Eh induites par la dégradation de la matière organique et par les circulations d'eaux vadoses (Dabard, 1997). La répartition de ces niveaux siliceux dans deux contextes différents, gréseux au Nord, silteux au Sud, permet d'envisager plusieurs phases de silicification.

À 580 Ma, la mise en place, à l'Ouest de la diorite de Coutances, associée à la surrection de la chaîne cadomienne, marque la fin du Briovérien inférieur.

Au Briovérien supérieur (-580 à -540 Ma), le démantèlement du massif de Coutances et des séries du Briovérien inférieur contribue à alimenter en matériaux argilo-sableux la région de Balleroy, située en bordure nord du

bassin marin mancennien. On assiste à la mise en place de la Formation de Granville, constituée de matériaux fins (silts, b2S) et grossiers (grauwackes, b2G, et conglomérats, b2G). Les faciès fins sont évacués au large, alors que les plus grossiers tendent à s'accumuler en bordure immédiate du bassin. Les conglomérats (b2G) de la feuille Balleroy, formés notamment d'éléments volcaniques, plutoniques et phanérotiques atteignant jusqu'à 40 cm, constituent un niveau remarquable dans l'histoire du Briovérien supérieur. Leur présence traduit en effet une modification dans le régime et la nature extrêmement brutale des apports, touchant toute la bordure nord de cette partie du bassin mancennien. Bien que lenticulaires, ils se disposent selon un alignement NE-SW, étendu à l'ensemble de la feuille Balleroy et se prolongeant au Sud sur le secteur de Torigni. Ces conglomérats, à galets dispersés dans une matrice grauwackeuse ou silteuse, sont assimilables à des dépôts de type « debris flow », mis en place sous l'effet de courant gravitaire de type turbiditique, dans un environnement sous-marin de pied de pente. Ils sont probablement issus d'une remobilisation, sous les effets de pulsions orogéniques et/ou climatiques, de matériel détritique grossier accumulé sur le talus continental, et déposé au pied de celui-ci au niveau de canyons et chenaux entaillant sa base. Cette phase d'instabilité (derniers stades de mise en place du massif de Coutances ?, réajustement du bassin ?), soulignée par cette discontinuité sédimentaire conglomératique, peut être considérée comme caractérisant la base du Briovérien supérieur. Le retour aux siltites et argilites marque la reprise d'une sédimentation beaucoup plus calme, identique à celle précédant la mise en place de ces conglomérats, et le retour à une phase de stabilité. La présence, dans le détail, d'alternances de siltite, argilite et grauwacke en séquences très rythmées, de type flyschöide, caractérise des variations d'origine climatique dans le régime des apports, dans un contexte sédimentaire marin relativement stable.

Entre -560 et -540 Ma, on assiste à la fermeture des bassins sous l'effet de la tectonique tardi-cadomienne, associée à la mise en place de grands accidents cisailants (Granville-Drôme), et au plissement des formations du Briovérien. Vers -540 Ma, la mise en place au Sud (Vire-Athis) d'un important stock magmatique granodioritique d'origine crustale engendrant une cornéification des séries briovériennes, marque la fin du Protérozoïque supérieur.

Les variations climatiques au cours de cette période restent, à l'heure actuelle, inconnues en l'absence notamment de critères paléontologiques (organismes très primitifs et rarement fossilisés).

LE PALÉOZOÏQUE ET LA TECTONIQUE HERCYNienne

Le Cambrien n'a été sur ce secteur reconnu qu'en sondages, notamment sur celui de Port-Ribet.

Discordant sur le Protérozoïque, il est essentiellement représenté par des arkoses, des schistes et des conglomérats, issus du démantèlement du « socle » cadomien. Ces dépôts se mettent ici en place au cours du Cambrien inférieur, lors de la transgression marine cambrienne, dans un bassin marin individualisé au niveau du Cotentin. Leur distribution est directement conditionnée par la paléogéographie cadomienne préexistante. Le cycle cambrien se termine dans ce secteur à la fin du Cambrien inférieur par une régression et une émergence du continent. Celui-ci ne sera réoccupé par la mer que lors de la deuxième transgression paléozoïque à l'Ordovicien, et restera donc émergé durant tout le Cambrien supérieur et l'Ordovicien basal.

A partir de l'Arénig (Ordovicien), une nouvelle transgression marine touche l'ensemble du Massif armoricain. Elle se marque par des dépôts de sédiments terrigènes, en contexte de plate-forme très étendue et relativement peu profonde. Cette transgression marine ordovicienne se limite ici à la formation du Grès armoricain visible à Colombières.

La série siluro-dévonienne, marine et épicontinentale n'est pas représentée sur la feuille Balleroy. Cette lacune est probablement à mettre en relation avec une morphologie accidentée du substratum cadomien, mais également, au cours du Dévonien moyen et supérieur, à une période d'émergence liée aux prémices de la phase bretonne. Au cours de cette période, se mettent en place des petits filons doléritiques.

La région émergée, en apparence depuis l'Arénig, est soumise durant cette période aux agents de l'érosion et de l'altération, variables selon les climats (équatorial au Carbonifère).

La région est soumise au cours du Carbonifère (Viséen supérieur au Westphalien D) à une série de déformations liées à l'existence d'un champ compressif subméridien, avec, pour manifestations locales, le jeu sénestre de l'accident de la Drôme.

La distension post-varisque, qui suit, engendre l'individualisation dans cette région d'une vaste dépression (le bassin de Carentan), dans laquelle vont s'accumuler, au niveau de la cuvette du Molay-Littry, les dépôts post-orogéniques d'âge stéphanien, composés de grès, poudingues et houille.

Le fond de la dépression est postérieurement tapissé par des coulées volcaniques, puis disloqué par une série de failles individualisant de petits bassins limniques subsidents dans lesquels se déposent les sédiments houillers. Ces cuvettes houillères sont, par la suite, comblées par des faciès fins témoignant d'une période de relative stabilité, tant tectonique que climatique. Le volcanisme carbonifère (Stéphanien) se manifeste par la présence de coulées de basaltes et d'andésites.

Au cours du Permien, le contexte demeure distensif, et les matériaux, issus du démantèlement de la chaîne varisque, vont s'accumuler au fond du bassin de Carentan et de la dépression du Molay-Littry. Le climat devient cependant nettement plus aride. L'altération pédogénétique intense du socle émergé, son érosion et le contexte subsident vont permettre l'accumulation de plusieurs centaines de mètres d'Autunien, avec, notamment, des dépôts saisonniers sous faible tranche d'eau (série II), des dépôts carbonatés (calcaires de Saint-Martin-de-Blagny) en contexte laguno-lacustre stable sous faible tranche d'eau (série III), des dépôts grossiers et des niveaux détritiques fins très puissants et symptomatiques de phénomènes de subsidence.

Cette sédimentation permienne est également accompagnée par une phase d'activité volcanique, marquée par la présence de lits de basaltes et de cinérites.

LE MÉSOZOÏQUE

Au cours du Trias, se mettent en place, en discordance sur le Permien, les formations continentales et fluviales à argiles rouges et à galets, puis les sédiments laguno-lacustres d'Airel (Rhétien et Hettangien basal) représentés par des argiles et calcaires fossilifères (poissons, gymnospermes, gastéropodes, lamellibranches).

La transgression marine du Lias s'affirme au Sinémurien avec le dépôt des calcaires à gryphées, et se maintiendra, non sans certaines fluctuations, sur une majeure partie du bassin permo-triasique de Carentan, au moins jusqu'au Bathonien. Cette transgression jurassique atteint son maximum au Toarcien.

Les sédiments du Bajocien supérieur sont les derniers dépôts jurassiques sur le territoire de la feuille Balleroy, par suite probablement d'une érosion ultérieure importante. De même, aucune trace de la transgression crétacée n'a été décelée sur cette zone.

Cette zone, comme d'ailleurs toute la région, sera ensuite, à la fin du Crétacé, soumise à une émergence généralisée, entraînant une forte érosion des terrains affleurants.

LE CÉNOZOÏQUE

Aucun témoin d'incursions marines tertiaires n'a été relevé sur cette zone de Balleroy. A partir de la fin du Pliocène, se succèdent quelque vingt périodes froides, dites glaciaires, entrecoupées de périodes tempérées inter-

glaciaires, en partie responsables de la morphologie actuelle du paysage. Le creusement des vallées, lié à une baisse du niveau des mers, conduit à une individualisation des différents niveaux d'alluvions, alors que la fragmentation des roches par le gel entraîne la formation d'horizons superficiels de type « head ». Les lœss, relativement développés dans cette région, sont contemporains de ces périodes froides. Ils sont apportés par les vents d'Ouest dominants. Quelques affleurements d'âge pleistocène, constitués de sables siliceux, les Sables de Saint-Vigor, ont été repérés le long de la faille limite du bassin de Carentan, près de Bernesq, de Bayeux et de Villiers-Fossard. La présence de grains de glauconie et les différentes structures sédimentaires observées permettent d'envisager un milieu de dépôt marin, peu profond à franchement littoral, avec possibilité d'édification de dunes. Ces dépôts marquent la dernière invasion marine dans cette région.

ÉVOLUTION TECTONO-MÉTAMORPHIQUE

La structuration des différents terrains présents sur la feuille Balleroy (Protérozoïque, Paléozoïque) résulte des tectoniques cadomienne, affectant le Briovérien, puis hercynienne, touchant les terrains briovériens et paléozoïques (Ordovicien, sur ce secteur). Des mouvements post-varisques, en particulier la distension permo-carbonifère, ainsi que des mouvements plus récents, sont à l'origine de la réactivation de grands accidents cassants qui vont notamment conditionner la mise en place et la structuration des bassins permo-carbonifères et des dépôts plio-quadernaires.

TECTONIQUE CADOMIENNE

Les déformations plicatives des terrains briovériens sont antérieures aux dépôts des terrains paléozoïques, présents, notamment au Sud, sur les feuilles Saint-Lô, Torgni-sur-Vire et Villers-Bocage (discordance cartographique du Paléozoïque sur le Briovérien). Elles correspondent aux phases tardives de l'orogénèse cadomienne (du nom latin de la ville de Caen : Cadomus), synchrone de la mise en place du batholite mancellien localisé au Sud et daté à -540 Ma. Ces déformations plicatives, qu'elles affectent le Briovérien phtanitique ou le Briovérien post-phtanitique, restent dans l'ensemble relativement délicates à visualiser sur le terrain en raison de la rareté des plis à l'affleurement et en particulier des charnières. L'existence d'une schistosité majeure affectant l'ensemble de la série briovérienne apparaît par contre clairement exprimée. La répétition au niveau cartographique de certains horizons silteux, grauwackeux, phtanitiques ou conglomératiques constitue le meilleur témoin de ces phases de plissements (fig. 16).

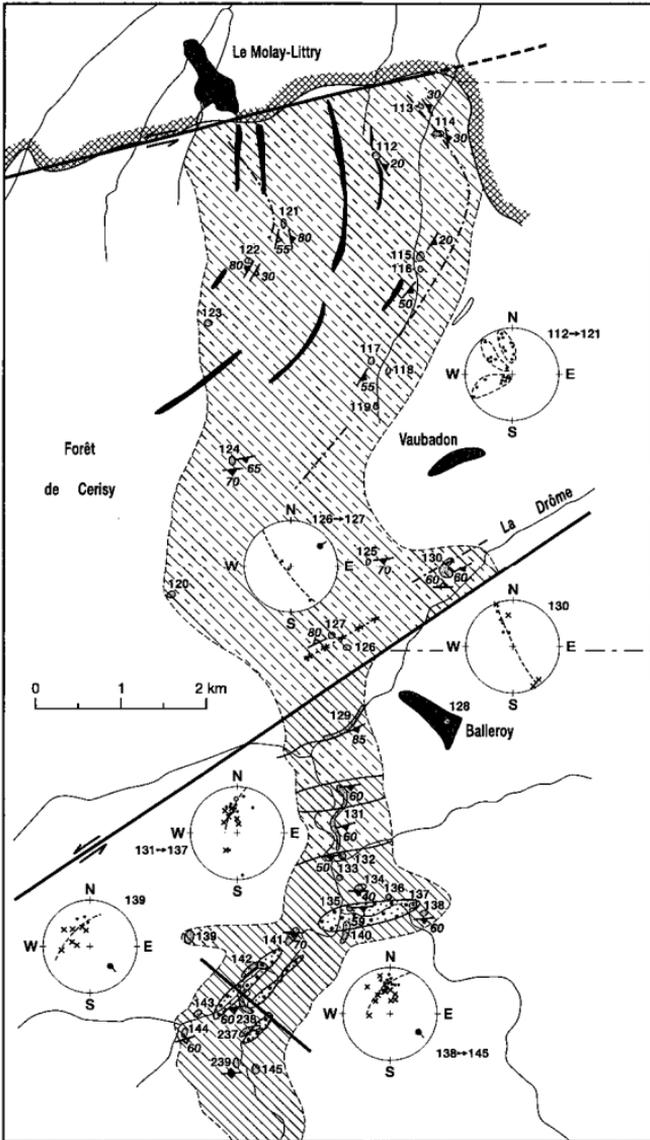
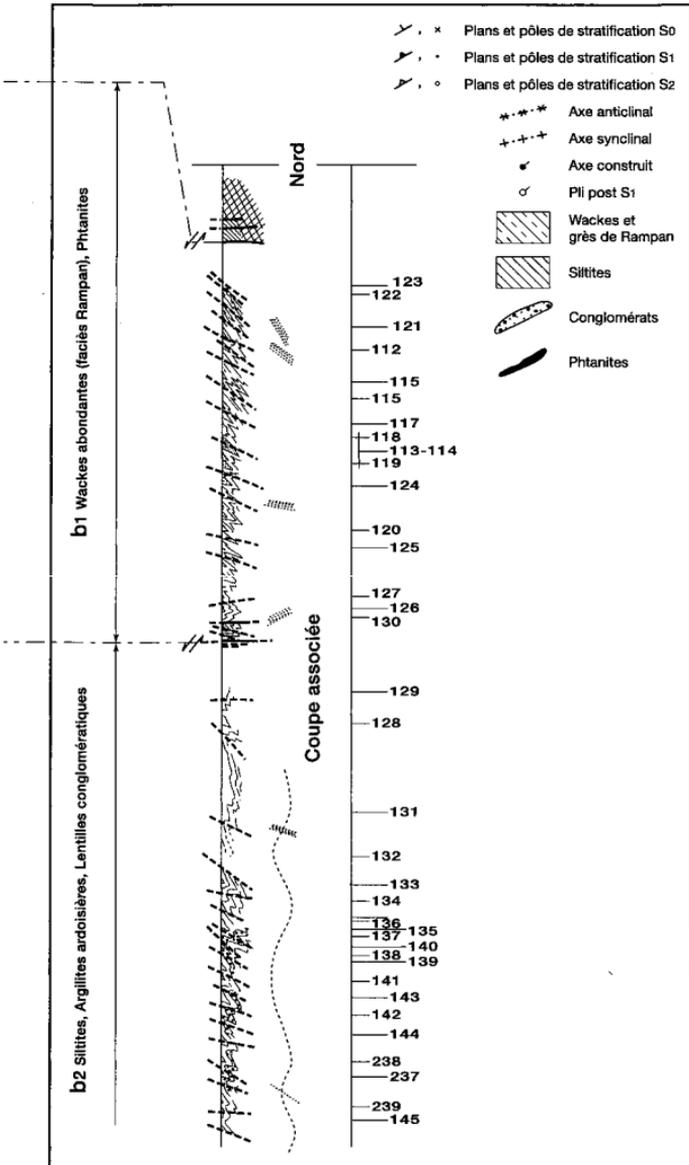


Fig. 16 - Structure et coupe du Briovérien de la région de Balleroy (d'après Chantraine et al., 1982)



Déformations dans le Briovérien phtanitique b1

La comparaison entre les deux ensembles briovériens (phtanitique et post-phtanitique) a permis de mettre en évidence quelques différences plus ou moins bien marquées permettant de distinguer ces deux ensembles. Par rapport au Briovérien supérieur, les déformations sont en apparence nettement plus intenses dans cet ensemble phtanitique, ce qui se marque notamment par une fréquente observation de microplis, en particulier dans les faciès silteux. Ce Briovérien phtanitique apparaît intensément déformé, affecté par des plis isoclinaux, localement plis faillés, très serrés, anisopaques, déversés vers le Nord, à flanc inverse Nord très redressé (70°) et court, et flanc normal redressé, mais long. Ces plis sont d'ordre décamétrique à plurihectométrique et orientés selon une direction moyenne $N65^\circ$ à $N80^\circ E$ et à plongement Est. Ces plis sont accompagnés d'une schistosité S1 de plan axial et de type flux intense, subparallèle à parallèle au plan de stratification S0 dans les flancs des plis, avec une transposition plus ou moins prononcée du plan S0 dans le plan S1 au niveau des charnières (rares observations). Cette schistosité, très bien marquée au niveau des siltites, est matérialisée par une réorientation et une recrystallisation des minéraux préexistants et par un alignement de phyllites néoformées et de minéraux opaques. Cette schistosité régionale S1 est, dans la majorité des cas, à plongement Sud. Les filonnets de quartz, cités précédemment, apparaissent conformes ou sécants sur les plans de schistosité majeurs S1, mais également replissés et admettant cette S1 pour plan axial. Si plusieurs générations de veines de quartz peuvent être individualisées, l'observation de cette génération de filonnets replissés, à S1 de plan axial, constitue, ici, un excellent témoin en faveur d'une déformation antérieure à la déformation régionale P1, sans aucun doute de type cassante, mais sans que l'on puisse certifier pour autant l'existence d'une phase plicative.

Dans l'environnement de l'accident de la Drôme, l'orientation de ces plis apparaît très fluctuante en raison des effets de celui-ci, et marqué notamment par un infléchissement de cette direction $N65^\circ$ à $N80^\circ E$ vers $N90^\circ$ à $N100^\circ E$. Au niveau de la faille limite, le jeu sénestre de cet accident majeur se marque, au niveau du Briovérien inférieur, par une nette virgation de la schistosité S1, celle-ci passant progressivement de $N65^\circ$ - $N80^\circ E$, au centre de la zone, à $N170^\circ E$ au contact de la faille. A ces déformations, est associé un métamorphisme régional à caractère épizonal franc, dans le domaine « Schistes verts » (zone de la chlorite). Dans ces faciès, une seconde schistosité S2, de type fracture, peut également être distinguée, sécante sur la S1 et crénelant cette dernière, associée à des plis centimétriques anisopaques de direction d'axe $N90^\circ$ à $N100^\circ E$ (ponctuellement). Cette schistosité est essentiellement matérialisée par un réalignement mécanique et par une déformation des minéraux préexistants. L'angle entre S1 et S2 varie entre 40

et 50°. Elle n'apparaît, cependant, que très ponctuellement, et dans l'environnement immédiat des zones faillees.

Déformations dans le Briovérien post-phtanitique b2

Concernant le Briovérien supérieur, on retrouve en apparence, vu la rareté des affleurements, sensiblement le même style de déformation, c'est-à-dire des plis isoclinaux, serrés, d'ordre décamétrique à plurihectométrique, mais orientés selon une direction moyenne légèrement différente, comprise entre N65° à N80°E. Cependant, ainsi qu'il a été signalé dans le paragraphe précédent, cette orientation moyenne apparaît également très fluctuante au voisinage de l'accident de la Drôme, évoluant jusqu'à une valeur N100°E. Ces plis sont à flancs redressés (55° à 70°) et, en apparence, cartographiquement également déversés vers le Nord. Plus à l'Ouest (feuille Saint-Lô ; Dupret *et al.*, 1997), leurs axes de plis plongent faiblement vers l'Est ou vers l'Ouest (20 à 35°). Sur le plan cartographique, la répétition, dans ce secteur, des horizons de conglomérats, de siltites et de grauwackes, fait clairement ressortir cette phase de plissement. Dans le secteur de la Drôme, la répétition des horizons conglomératiques b2G et des siltites b1S et b2S atteste, d'une part, de l'étroite imbrication entre les deux ensembles briovériens (fig. 17) et, d'autre part, de l'existence d'une phase de plissement majeure, affectant l'ensemble de ces formations. À cette phase de plissement, est également associée une schistosité S1 - moins intense que dans le domaine phtanitique situé en majorité au Nord de la Drôme - de type flux naissant, visible en particulier dans les faciès silteux où elle apparaît soulignée par une réorientation des minéraux préexistants et une néogénèse de minéraux phylliteux. Cette schistosité est en général subparallèle à parallèle à la S0 et également en majorité à pendage Sud. Dans ce domaine post-phtanitique, le métamorphisme développé est faible, à la limite anchizone-épizone dans le faciès schistes verts.

Comparaison entre les deux ensembles

Globalement, il ressort de la comparaison des traits structuraux des deux ensembles que les déformations cadomiennes affectant les terrains du Briovérien inférieur et supérieur sont, dans leurs caractères cinématiques et géométriques, sensiblement identiques et ne diffèrent que par leur intensité. Ces déformations sont en effet plus marquées dans le Briovérien phtanitique (nombreux plis) : la schistosité de flux y est très développée, avec un degré de recristallisation et néoformation plus prononcé, et le degré de métamorphisme y est plus élevé. On se trouve, par conséquent, ici, en présence d'un gradient cadomien de déformation décroissant du Nord au Sud. Cette différence d'intensité de déformations est interprétée par L. Dupret (1988) et

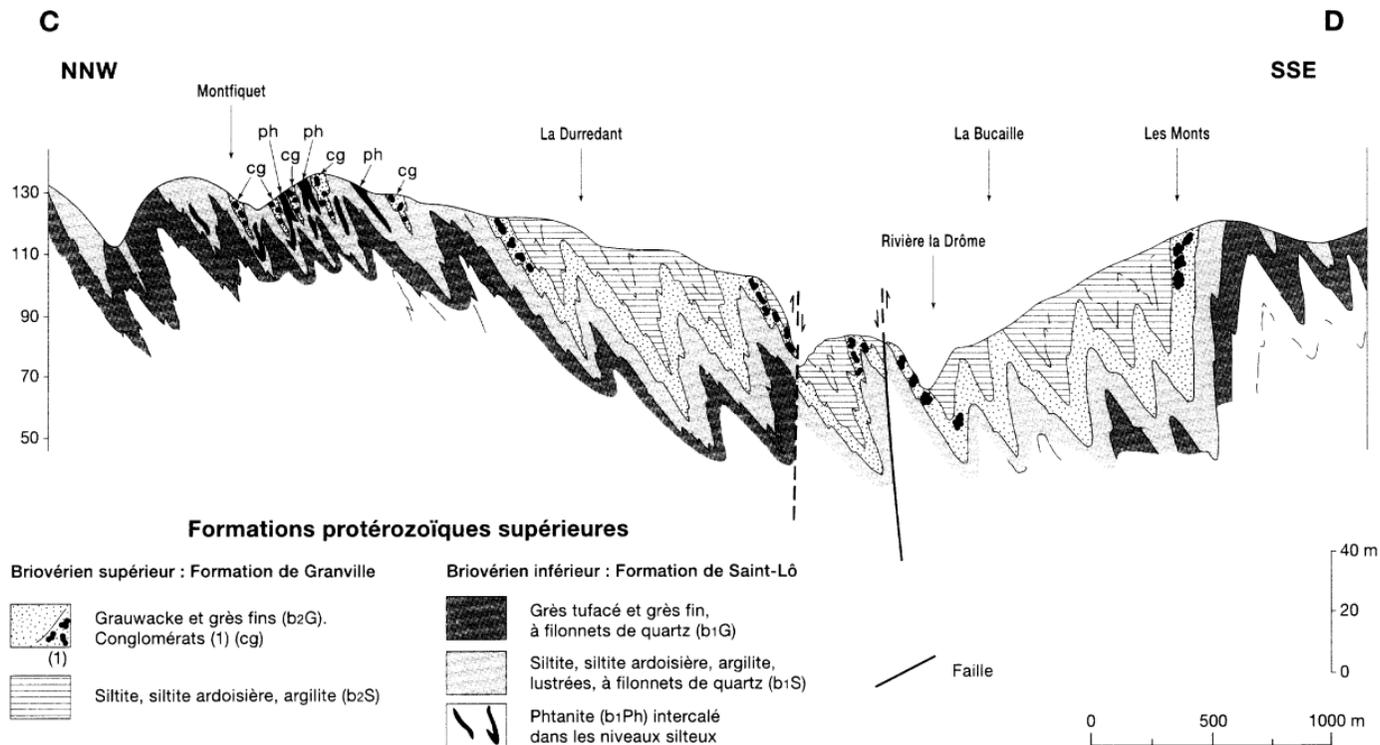


Fig. 17 - Coupe C-D : secteur de Montfiquet

E. Dissler (1988) comme étant due à une différence de niveau structural. L'existence d'une phase majeure de déformation - localisée dans le temps après le dépôt du Briovérien supérieur - légèrement antérieure à la mise en place des granitoïdes mancelliens, et affectant, plus au Sud, les terrains du Briovérien post-phtanitique sur les secteurs de Domfront et de Landivy, a déjà été mise en évidence (Vernhet et *al.*, 1997). Selon L. Dupret et *al.* (feuille Saint-Lô, 1997), cette phase de déformation est, au niveau du domaine mancellien concerné, responsable du plissement synschisteux des formations post-phtanitiques, mais également phtanitiques. Ces différentes observations permettent d'envisager une migration de la déformation cadomienne du Nord vers le Sud avec, toutefois, des modifications de caractères. Cependant, l'existence d'une structuration antérieure, affectant le Briovérien inférieur de la bordure nord, dont les effets sont aujourd'hui occultés, ne peut pas être totalement écartée. La présence notamment de filons de quartz anté-S1 constituerait alors une excellente preuve de l'existence d'une phase de déformation cassante anté-P1.

Fracturation dans le domaine briovérien

Ce paragraphe a été rédigé à partir des données obtenues sur le terrain complétées par celles de M. Villey (1978).

Plusieurs familles de failles subverticales ont été mises en évidence. Elles sont matérialisées sur le terrain par la présence de filons de quartz, de zones mylonitisées, par l'observation de décalages, ou issues de l'interprétation de linéaments visibles en photographies aériennes. L'analyse cartographique directionnelle de la schistosité, dans le secteur compris entre la Drôme et le contact Nord-Briovérien-Trias, a montré des virgations par rebroussement des structures anciennes marquées par la schistosité de flux et a révélé la présence de deux importants accidents décrochants sénestres de direction N60° à N70°E (Villey, 1978).

Ces deux décrochements majeurs sont (fig. 18 et schéma structural) :

- au Nord, la faille-limite (Pareyn, 1954) de direction N70°E qui tronque le bassin houiller stéphanien de Littry et met en contact le Carbonifère et le Briovérien ;
- au Sud, l'accident de la Drôme, orienté N60°E, qui se poursuit vers le Sud-Ouest vers Saint-Lô et au-delà, en direction de Coutances. Il est parallèle à celui de Granville passant plus au Sud, sur la feuille Torigni-sur-Vire, au niveau de Condé-sur-Vire et se prolongeant à l'Est, sur la zone d'étude, au niveau de Foulognes-Cahagnolles. La présence, dans ce secteur, de ce dernier apparaît cependant nettement moins marquée. Le lever de la feuille Torigni-sur-Vire devrait permettre d'affiner ces observations. Cette faille

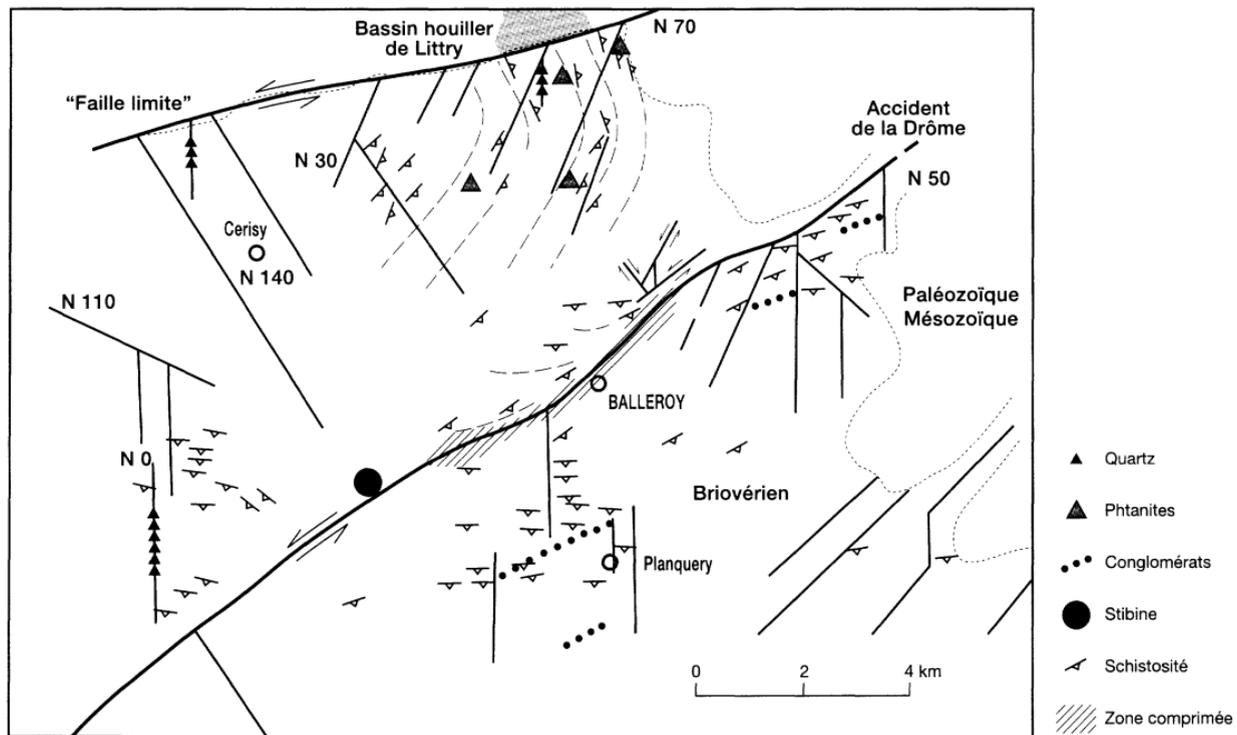


Fig. 18 - Schéma structural et interprétation de la déformation des séries briovériennes entre Balleroy et Le Molay-Littry (d'après M. Villey, 1978)

majeure de Granville se poursuit vers l'Ouest jusqu'à Coutances, recoupant au passage (feuille Saint-Lô ; Dupret et *al.*, 1997) les synclinaux paléozoïques de Montmartin et du Mesnil-Aubert. Ces accidents peuvent être considérés comme appartenant à la même famille de failles. L'accident de la Drôme est marqué notamment par la présence d'un faciès feuilleté, où apparaissent des « kinks » de direction N150°E à plongement axial de 40° vers le Sud, par la présence d'indices de stibine (Villey, 1978) dans la zone de décrochement principale au niveau de la forêt de Cerisy (commune de Montfiquet), mais également, sur le plan topographique, par d'importants dénivelés de part et d'autre de la Drôme. Les virgations de la schistosité de flux au contact de ces accidents (passage de N70° à N170°), particulièrement nettes dans la partie nord entre Littry et Le Molay-Littry, sont également confirmées dans cette même zone par l'évolution des valeurs du pendage de la schistosité. Les plans de schistosité à pendage de 60°-70°SE dans la partie médiane se couchent progressivement dans la zone de virgation passant à un pendage de 25°SE à E (fig. 18). À l'échelle de l'affleurement, cinq grandes directions de fracturation ont été individualisées :

- un réseau de fracturation subverticale N50° à N70°E, équivalente aux accidents majeurs ;
- un réseau de fracturation N30° à N40°E, sénestre ;
- une fracturation N130° à N150°E, dextre, localement marquée par des filons de quartz ;
- une fracturation N180° à N20°E caractérisée par de grands filons de quartz exploités notamment dans le secteur de Cerisy, reprenant les failles N50° à N70°E ;
- une fracturation N100° à N110°E, sénestre.

Ces réseaux de fracturation ressortent également clairement au niveau de la carte et conditionnent en grande partie la structuration du réseau hydrographique actuel. D'après les mouvements le long des décrochements principaux et les valeurs des angles entre les différentes familles de fracture, les fractures N140° à N150°E dextres et N30° à N40°E senestres doivent être considérés comme conjugués (Villey, 1978) et s'intègrent dans le modèle classique de Riedel (Vialon et *al.*, 1976).

Les fractures N30° à N40°E correspondraient aux failles synthétiques, les fractures N130° à N150°E correspondant, elles, aux failles antithétiques. Dans ce modèle, le réseau N-S pourrait être considéré comme l'équivalent d'un réseau de fentes de tension. Ce schéma permet d'envisager une direction de compression maximale N0° à N20°E, oblique, par conséquent, à la structuration cadomienne. Cette direction rend également compte de la schistosité de crénulation S2 de direction N95° à N110°E observée associée à des plis centimétriques anisopaques qui affectent les plans S0-S1. Au

niveau de la carrière de Vaubadon, les niveaux silteux et grauwackeux sont, par endroits, recoupés par des filonnets à quartz-carbonates, accompagnés de chlorite verte en amas, d'agrégats de muscovite et de pyrite en plages millimétriques. Ces filonnets sont nettement sécants sur les plans S1 et S2, par conséquent post-S1-S2, et témoignent, de par leur minéralogie, d'une phase d'activité hydrothermale. Ces filonnets paraissent être associés au réseau de fracturation N130°E. Les deux accidents majeurs (Drôme et faille limite) d'origine profonde, qui affectent le Paléozoïque (bassin de Carentan), sont sans aucun doute d'âge varisque, mais correspondent probablement à d'anciennes structures cadomiennes réactivées par la phase varisque.

TECTONIQUE HERCYNIENNE ET POST-HERCYNIENNE

Déformations des terrains paléozoïques anté-carbonifères

Les informations sur la déformation des terrains ordoviciens (limités à la carrière de Colombières ; direction générale N80°E, 20°N) sont trop limitées pour que l'on puisse étudier de façon approfondie les effets de la phase varisque sur ces terrains. Notons simplement que certaines observations réalisées dans la partie nord de la feuille permettent d'envisager l'existence plus au Nord d'un grand synclinorium hercynien (Cambrien à Ordovicien, voir Silurien ou Dévonien) antérieur à la mise en place du bassin permo-carbonifère de Littry ; ainsi le flanc sud se situerait au niveau de la carte Balleroy. En effet, des sondages profonds, réalisés dans le cadre de la détermination de l'extension du bassin houiller de Carentan, ont révélé l'existence de terrains de plus en plus jeunes du Sud vers le Nord, avec successivement, au Sud, au niveau de la faille limite, les terrains briovériens, puis, au Nord de Littry, des conglomérats et arkoses de base du Cambrien plongeant faiblement vers le Nord, à Saint-Martin-de-Blagny, les schistes cambriens de La Feuillie plongeant également vers le Nord, et enfin, au niveau de Colombières, le Grès armoricain. L'évolution de la tectogenèse hercynienne est, selon F. Gresselin (1990), décomposable en trois phases successives en réponse à un champ compressif subméridien de vergence N-S :

- la première phase est à l'origine du rejeu senestro-inverse d'anciens accidents cambriens N60°E. L'activité de la faille de la Drôme et de la faille limite se situe dans ce contexte ;
- la seconde phase se traduit par des plissements et cisaillements N110°E ;
- la troisième phase se marque par des cisaillements N150°E, dextro-inverses, et par un jeu inverse d'accidents N110°E.

Les directions fréquemment observées (N10° et N30°E) correspondent aux fractures conjuguées des familles d'accidents décrites. Ces trois phases s'échelonnent dans le temps entre la limite dévono-carbonifère et le West-

phalien A. La tectogenèse varisque ne peut être envisagée dans la région que grâce à la déformation cassante. Le métamorphisme contemporain n'y est pas représenté.

Déformations associées à la genèse du bassin permo-carbonifère de Carentan

Les couches carbonifères sont adossées et redressées contre la faille limite initiée lors de l'orogénèse hercynienne en décrochement sénestre. Au Carbonifère, cet accident majeur joue en faille d'effondrement. Il s'agit en fait d'une série de failles parallèles (fig. 7) qui donnent un rejet cumulé de plus de 150 m à la frange sud de l'Ancien Bassin et du Bassin Floquet. Les failles limitant les dépressions houillères (Pareyn, 1954) ont un jeu clairement synsédimentaire responsable de biseaux stratigraphiques et d'épaississements. Les sédiments houillers sont généralement redressés le long de ces accidents avec des pendages supérieurs à plus de 45°, alors que les pendages sont faibles, de 5 à 20° vers le Nord-Est dans les régions centrales des cuvettes houillères. Ces failles, globalement parallèles à la faille limite (voir schéma structural) sont responsables de l'enfoncement progressif vers le Nord du substrat cadomo-hercynien et de l'épaisseur croissante des sédiments carbonifères et permien. La carte des altitudes des coulées volcaniques (fig. 9), mises en place précocement dans le bassin, donne une idée de l'importance de ces phénomènes de subsidence, à l'origine de l'accumulation des séries houillères productives. L'importance des grandes failles d'effondrement N70° à N80°E (faille limite, failles de Fumichon et de la Rogerie) et des failles NNE-SSW (à l'origine de l'affaissement vers l'Ouest) sur la structuration des cuvettes houillères (Fumichon, Noël, Ancien Bassin) et des seuils les séparant (Goville) y apparaît également clairement marquée. La carte d'altitude du toit du Houiller (fig. 8) se superpose relativement bien à celle des coulées volcaniques : les mêmes déformations se poursuivent au Permien. La seule différence notable se situe au niveau de la faille limite qui semble avoir joué pendant le Carbonifère et relativement peu au Permien. La subsidence, ayant conduit à l'accumulation de la puissante série permienne (en particulier des pélites rouges de la série VI), est donc également déterminée par le jeu normal de failles synsédimentaires N70°-80°E (faille limite) et NNE-SSW (Pareyn et *al.*, 1989). Cette direction NNE-SSW a probablement joué un rôle déterminant au cours de l'Autunien supérieur (série VI), souligné, notamment, par un affaissement de la partie occidentale et un relèvement de la partie orientale de part et d'autre de l'accident de la Vire (rejet estimé à 350 m). Le même contexte distensif semble avoir perduré après le Trias et même après le Lias, si l'on en juge par le cantonnement du Trias le long de la faille limite (sauf dans la partie orientale), sa dénivellation entre La Croix-Hurault et la vallée du Rieu en contre-bas, et les nombreux petits horsts et grabens (région de Vouilly, Monfréville) qui affectent

même le Sinémurien (Vouilly, Cartigny, Lison,...). On ne peut cependant, en l'état actuel des connaissances, opter pour une ou plusieurs périodes d'activité tectonique pendant le Trias et le Lias.

Les directions privilégiées sont (voir schéma structural) :

- la direction subméridienne N180° à N30°E qui correspond notamment à la faille de la Vire (secteur de la Meauffe) ;
- la direction N110° à N140°E (Cartigny, Airel, La Meauffe) ;
- la direction N70° à N90°E, parallèle à celle de la faille limite qui a sans doute rejoué (Airel, Cartigny, Cussy, La Meauffe).

La structure monoclinale des terrains liasiques à permien (léger pendage de quelques degrés vers le Nord ou le NE (Pont Normand, commune de Cartigny) atteste également d'une déformation post-liasique. Celle-ci est également à l'origine de la zone d'affaissement de La Meauffe, des lanières de Cartigny et de Vouilly, et des nombreuses failles normales E-W et NNE-SSW décrites au Nord dans le Jurassique de Grandcamp (Fily et *al.*, 1989). Elle est consécutive à un régime distensif déterminant un basculement général vers le Nord. Au Cénozoïque et/ou au Quaternaire, les accidents anciens sont réactivés, notamment la direction N70° à N80°E, permettant la conservation des témoins de la dernière transgression marine. Les arguments d'activités tectoniques cénozoïque et récente sont plus évidents sur les feuilles voisines Carentan et La Haye-du-Puits, où l'on note très distinctement une réactivation des failles N60° à N70°E, N30° à N40°E et N150°E (Pareyn, 1980; Baize et *al.*, 1997).

SYNTHÈSE GÉODYNAMIQUE RÉGIONALE

L'histoire géologique régionale repose sur l'existence de phénomènes magmatiques, sédimentaires et métamorphiques s'articulant dans le temps autour de deux phases orogéniques majeures, la phase cadomienne et la phase hercynienne, à l'origine des tectoniques cadomienne et hercynienne.

Les études récentes, réalisées dans le domaine nord-armoricain, permettent d'échafauder un modèle global de l'évolution du tronçon normand de la chaîne cadomienne, même si le dispositif géotectonique initial demeure encore hypothétique. Depuis les années soixante dix (Cogné et Wright, 1980), tous les auteurs (Balé et Brun, 1983 ; Chantraine et *al.*, 1988 ; Dissler et *al.*, 1988 ; Graviou et *al.*, 1988 ; Brun et Balé, 1990 ; Strachan et Roach, 1990 ; Dupret et *al.*, 1990 ; Égal et *al.*, 1994), s'accordent pour interpréter l'orogénèse cadomienne dans le cadre de l'évolution d'une marge continentale active, située sur le rebord nord du paléocontinent Gondwana, menant à une collision entre un arc insulaire et la bordure continentale.

Le processus de subduction, provoqué par la convergence lithosphérique entre Gondwana au Sud et Laurentia et Baltica au Nord, est attesté par des manifestations volcaniques telles que celle du Trégor dans le tronçon breton, datées autour de -610 Ma, et celles de Montsurvent dans le Cotentin, composées de laves basaltiques à rhyolitiques (dominante d'andésites) et de pyroclastites (fig. 19), dont l'affinité est de type arc insulaire (Auvray et Mailliet, 1977 ; Cabanis *et al*, 1986).

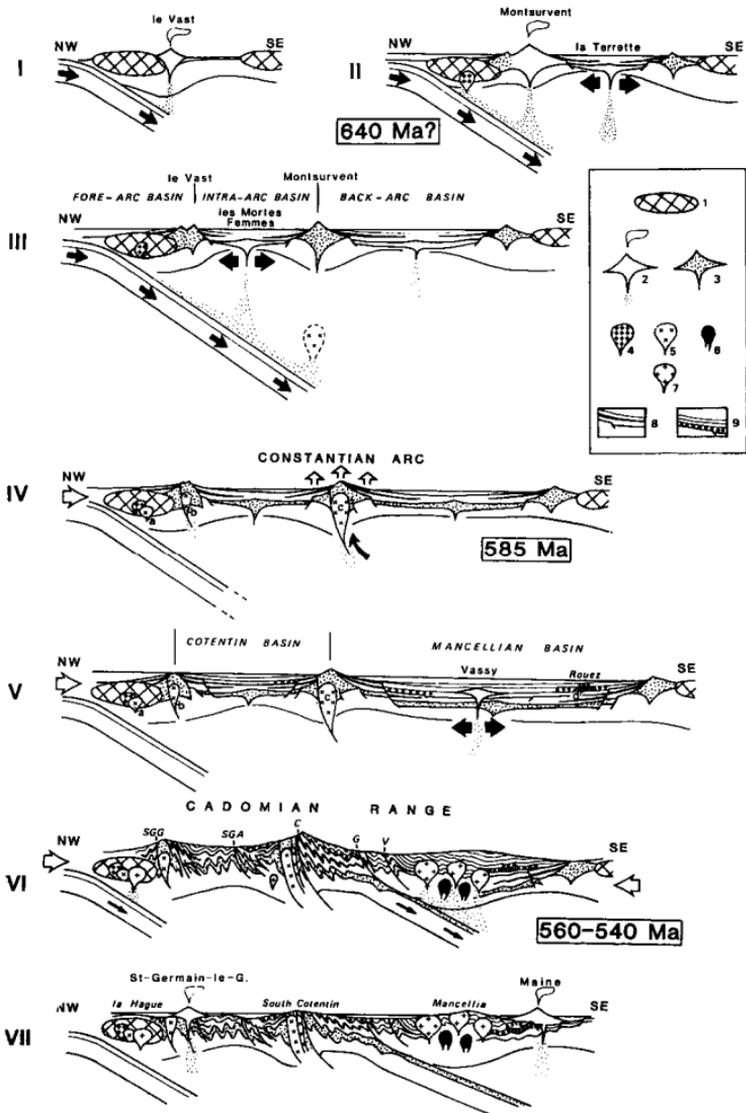
Ce volcanisme est intrusif au sein d'une croûte continentale dont les témoins sont encore visibles dans le Nord-Cotentin (gneiss icartiens de La Hague datés à -2085 Ma, îles anglo-normandes). Ces lambeaux de croûte appartiennent à la bordure morcelée du Gondwana.

Alors que les déformations compressives s'expriment au Nord de l'arc insulaire de Montsurvent sous les effets de la convergence lithosphérique, la marge continentale apparaît, au Sud de ce domaine, engagée dans un processus d'extension, conduisant à un amincissement de la croûte et à l'ouverture d'un bassin marginal, siège d'épanchements de basaltes à « pillows » d'affinité tholéïitique distensive (La Terrette). Les premiers dépôts sédimentaires détritiques et terrigènes d'âge briovérien se mettent en place dans ce bassin, notamment, dans la bordure nord, les horizons à phanite de la formation de Saint-Lô.

Vers -585 Ma, le dispositif de subduction se bloque, alors que la convergence lithosphérique se poursuit, entraînant, sous les effets de cette tectonique tangentielle majeure, un raccourcissement de la marge active. Cette phase tectonique majeure engendre, dans la partie méridionale domnonéenne, le métamorphisme des formations du Briovérien inférieur (faciès amphibolite) associé à la mise en place de la tonalite de Coutances d'affinité calco-alcaline. Les déformations attribuées à cette phase sont de type décrochevauchante sénestre (Dupret *et al*, 1997). Le stade de maturité (arc inactif) de l'arc insulaire de Montsurvent est atteint avec la surrection de cette cordillère nouvellement constituée. Son exhumation et son érosion alimentent par la suite, au cours du Briovérien supérieur, la sédimentation détritique dans un vaste bassin d'avant-pays situé au Sud, le bassin mancellien.

Les spilites de Vassy, présentes dans le bassin mancellien, témoignent de l'existence d'une phase distensive au cours du Briovérien supérieur. La phase tectonique cadomienne s'achève par une dernière phase de déformation plicative synschisteuse N70° associée à la mise en place d'un batholite granodioritique d'origine crustale (granites de la Mancellia, vers -540 Ma).

Ce domaine est ensuite pénéplané et très vite envahi par la transgression marine cambrienne qui scelle la tectonique cadomienne. L'histoire cadomienne est terminée, et, au cours du cycle hercynien, le craton cadomien



1 : Pentévrien ; 2 : volcanisme actif ; 3 : volcanisme inactif ; 4 : granitoïdes précoces ;
 5 : diorites (a : les Moulins ; b : Le Theil ; c : Coutances) ; 6 : gabbros ; 7 : granitoïdes
 fini-cadomiens ; 8 : Briovérien inférieur à phanites ; 9 : flysch et conglomérats du
 Briovérien supérieur (d : amas sulfuré de Rouez)
 Accidents de Saint-Germain-le-Gaillard (SGG) ; de Saint-Germain-sur-Ay (SGA) ;
 de Coutances (C) ; de Granville (G) ; de Vassy (V)

Fig. 19 - Evolution géodynamique cadomienne dans le NE du Massif armoricain
 (d'après Dissler et al., 1988)

nord armoricain et sa couverture paléozoïque inférieur ne seront que très peu déformés. La structuration du bâti cadomien conditionnera très distinctement la répartition des formations paléozoïques.

Ce n'est qu'au Carbonifère inférieur, époque de l'ouverture des grands bassins carbonifères armoricains, que ce craton est soumis à un processus d'extension au cours duquel se met en place l'important champ filonien de la Mancellia.

Ultérieurement, la tectonique compressive hercynienne, dont l'intensité diminue depuis la pointe du Cotentin vers le domaine mancennien, se manifeste par l'individualisation de grandes structures synclinales dans le Cotentin et la Mancellia (Zone bocaine, Montmartin), d'orientation N70° à N130°E. Elle prend place après le Viséen moyen, âge des terrains déformés les plus jeunes (calcaires de Montmartin, feuille Coutances) et avant le Wesphalien D, âge des premières unités discordantes sur le socle varisque (houille du Plessis). Elle est donc habituellement rattachée à la phase Erzgebirge (Wesphalien A). A cet épisode compressif, succède une période de distension post-hercynienne, au cours de laquelle se déposent les niveaux houillers du Plessis (Wesphalien D) et du Molay-Littry (Stéphanien). Cette distension provoque l'individualisation d'une vaste dépression caractérisée par la présence de coulées volcaniques de type intra-plaque continental et d'importantes masses alluvionnaires. La dislocation de cette dépression par une série de failles N70° à N80° et NNE-SSW conduit à l'individualisation des différentes cuvettes houillères. L'activité de ces failles se poursuit postérieurement au cours du Permien. Le contexte subsident régnant au cours de cette période se traduit par l'accumulation de plusieurs centaines de mètres d'Autunien.

Le même contexte distensif semble avoir perduré après le Trias (Trias le long de la faille limite) et même après le Lias (horsts et grabens affectant le Sinémurien (Vouilly, Cartigny, Lison,...)).

Au Cénozoïque et/ou au Quaternaire, les accidents anciens sont réactivés, notamment les failles de direction N60° à N70°E, N30° à N40°E et N150°E (Pareyn, 1980 ; Baize et *al.*, 1998).

La dernière incursion marine régionale reconnue est responsable de l'accumulation des sables marins de Saint-Vigor (Pléistocène) dans un contexte tectonique actif (Pareyn, 1980), vraisemblablement distensif. Les témoins repérés sur la feuille Balleroy ne sont que des reliques isolées d'une plus vaste couverture maintenant érodée (fig. 15).

GÉOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT

OCCUPATION DU SOL

Sols, végétations et cultures

Les relations pouvant exister entre le substrat géologique, les sols et la nature de la végétation sont traitées dans ce chapitre.

La nature des sols est étroitement dépendante de la nature du substrat. Les sols sont en général, pour la majorité d'entre eux, développés sur des formations d'altération plus ou moins déplacées, solifluées, ou sur des apports éoliens de type loess, particulièrement développés sur cette zone. Leur différenciation est également étroitement conditionnée par le relief, induit par la nature des roches ou les phénomènes tectoniques. Ils apparaissent en effet, en général, plus évolués dans les zones hautes et planes, moins évolués et caillouteux sur les versants, et à forte tendance hydromorphe en fond de vallées (faciès à pseudogley).

Les sols de la feuille Balleroy sont très variés compte tenu de la diversité des substrats et des conditions de drainage. Des sols bruns calcaires se sont développés sur les versants calcaires et le front de la cuesta du Lias-Bajocien. Les sols brunifiés sont fréquents sur les argiles du Trias si le drainage est bon, sur les colluvions fines des bas-versants et sur une bonne partie des alluvions holocènes. Le sol brun lessivé est caractéristique de la couverture loessique. Il faut toutefois signaler que, reposant souvent sur un substrat imperméable, Trias ou argile à silex, des nappes d'eau temporaires se constituent dans le loess et provoquent une marmorisation de la base des profils. Dans la forêt de Cerisy (Bois l'Abbé) le sol sur limon est localement lessivé hydromorphe.

Dans le vaste secteur précambrien, les rankers sont rares ; les sols colluviaux humifères, peu différenciés, sont abondants, de même que les sols bruns lorsqu'il y a une fraction limoneuse importante intégrée au produit de la désagrégation des schistes et des grès. Les sols sont neutres, avec un pH toujours voisin de 7. Les histosols et les sols gleyifiés occupent la vallée de l'Aure et les basses vallées de l'Elle et du Rieu. Des sols hydromorphes acides et caillouteux, les plus mauvais de l'aire étudiée, se sont développés sur le cailloutis du Trias, lorsqu'il est mal drainé, sur la formation de Cerisy-la-Forêt et les altérites du socle. Des sols podzoliques existent sur les sables de Saint-Vigor et localement sur le Trias sableux. On retrouve également cette famille de sols sur l'argile à silex (sol podzolique à pseudogley).

Dans cette région d'élevage (bovins pour l'industrie laitière et pour la viande ; quelques élevages d'ovins), les sols sont, pour partie, occupés par

des prairies, en particulier dans les fonds de vallées, des pâturages de ray-grass ; ils sont également fortement utilisés pour la culture du maïs (pour le grain ou en ensilage pour le bétail), du blé, principalement dans les secteurs très limoneux, et plus accessoirement du colza, du seigle, du sorgo, de l'orge et de l'avoine. Les sols sur limons loessiques sont homogènes et faciles à travailler et sont en majorité utilisés pour la culture des céréales. Les sols en domaine alluvial sont en majeure partie occupés par des herbages, mais peuvent être cultivés en maïs une fois drainés.

Géographie humaine

La région de Balleroy fait partie intégrante de ce que l'on appelle traditionnellement « le Bocage normand ». L'habitat est dans toute la région étroitement lié à la nature du substrat, à base de siltites-grauwackes sur les formations briovériennes, de calcaires sur les formations jurassiques et de torchis sur les formations argileuses du Trias.

Les grands massifs forestiers de la région de Balleroy (forêt domaniale de Cerisy-La-Forêt, bois du Vernay, du Quesnay, etc.) ont été en grande partie exploités au siècle dernier lors du développement de l'industrialisation (bois de mine pour les houillères). L'économie repose en grande partie sur l'élevage (lait et viande) et sur la culture de maïs et de blé. Cette région est également réputée pour ses élevages de chevaux pur sang, nombreux à proximité de Saint-Lô (haras national à Saint-Lô). On citera également les activités liées aux argiles à poteries, notamment à Noron-La-Poterie et à Molay-Littry.

ÉLÉMENTS DE GÉOTECHNIQUE

Ces commentaires ne doivent être pris qu'à titre indicatif dans la mesure où ils ne sont pas exhaustifs et ne reposent sur aucune étude spécialisée.

Dans les terrains briovériens, la plupart des terrassements peu profonds peuvent être effectués avec des pelles mécaniques de puissance moyenne, les bancs étant en général très fragmentés en surface. Cependant, dans le cas de terrassements plus profonds, ou au niveau de formations plus massives (grauwackes), l'utilisation de puissants engins de déroctage, voire même d'explosifs, peut s'avérer nécessaire.

Les formations d'altération du Briovérien ont en général de mauvaises caractéristiques de portance et de tenue en conditions hydromorphes. Il sera par conséquent recommandé avant toute construction de reconnaître l'épaisseur de la zone d'altération.

Date	Lieu	Intensité de l'épicentre en MSK
1241	Environs de Caen	V
1291	Environs de Falaise	V
1640	Environs de Coutances	V
1757	Environs du Havre	VI
1757	Environs du Havre	V-VI
1773	îles anglo-normandes	V-VI
1773	îles anglo-normandes	V
1775	Plaine de Caen	VII
1847	Fécamp	VI
1848	Embouchure de la Seine	VI
1853	îles anglo-normandes et golfe normano-breton	VI-VII
1877	Golfe normano-breton	V
1885	Plaine de Caen	V-VI
1896	Environs de Champeaux (Orne)	VI
1923	îles anglo-normandes et golfe normano-breton	V
1926	Jersey	VI-VII
1927	Jersey	V
1927	Environs de l'Aigle	VI
1928	Jersey	V
1930	Jersey	V
1949	Percy (Cotentin)	V
1962	Fiers de l'Orne	V

Tableau 4 - Principales secousses telluriques recensées dans la région depuis 1 000 ans (Lambert et Levret-Albaret, 1996)

Les limons sont de faible résistance, faciles à décaper, mais sujets à des tassements importants et sans aucune tenue à l'état hydromorphe.

Les alluvions anciennes sont également faciles à décaper, mais présentent de mauvaises caractéristiques de portance et de tenue de par leur nature très hétérogène, argilo-sableuse à galets.

Les formations tels que les argiles et sables du Trias, les sables de Saint-Vigor, sont des formations meubles, de portance et de tenue très médiocres, en particulier en milieu hydromorphe, pouvant engendrer dans les zones fortement pentées des glissements de terrains. Au niveau des argiles, la répétition actuellement de longues périodes de sécheresse conduit, après un état de sursaturation en eau (gonflement des argiles), à une dessiccation progressive de ces formations, engendrant d'importantes pertes de volume et par voie de conséquence des phénomènes de tassement. Les calcaires, en général intercalés avec des horizons marneux sont de portance très moyenne, et peuvent également à la faveur de phénomènes de dissolution des carbonates, être sujets à des tassements voir des effondrements. Il est par conséquent fortement conseillé avant toute implantation d'ouvrage de sonder le terrain.

Les tourbières constituent enfin un milieu géotechnique très complexe nécessitant, avant tout remblaiement, un tassement adéquat de ce milieu très compressible.

RISQUES NATURELS

Le Cotentin constitue de nos jours une région sismiquement stable. Les quelques secousses telluriques recensées durant les deux derniers siècles (tabl. 4 et fig. 20) sont principalement localisées autour des îles anglo-normandes et au large de Cherbourg. Les hypocentres de ces séismes ont été localisés à 25 km de profondeur en moyenne. Un séisme de 3,6 sur l'échelle de Richter a été enregistré le 26 novembre 1996, en baie du Mont-Saint-Michel. Cette secousse, dont l'épicentre a été localisé en mer à 14 km des côtes face au Bec d'Andaine et de Carolles, a été ressenti jusqu'à Saint-Lô. Il se situe dans l'axe de la faille de Granville.

RESSOURCES EN EAU

Données climatiques

Le climat régional est de type océanique humide et tempéré. Les vents dominants sont les vents d'Ouest soufflant depuis la Manche et l'Atlantique. Ils ne rencontrent pas d'obstacles topographiques majeurs susceptibles de

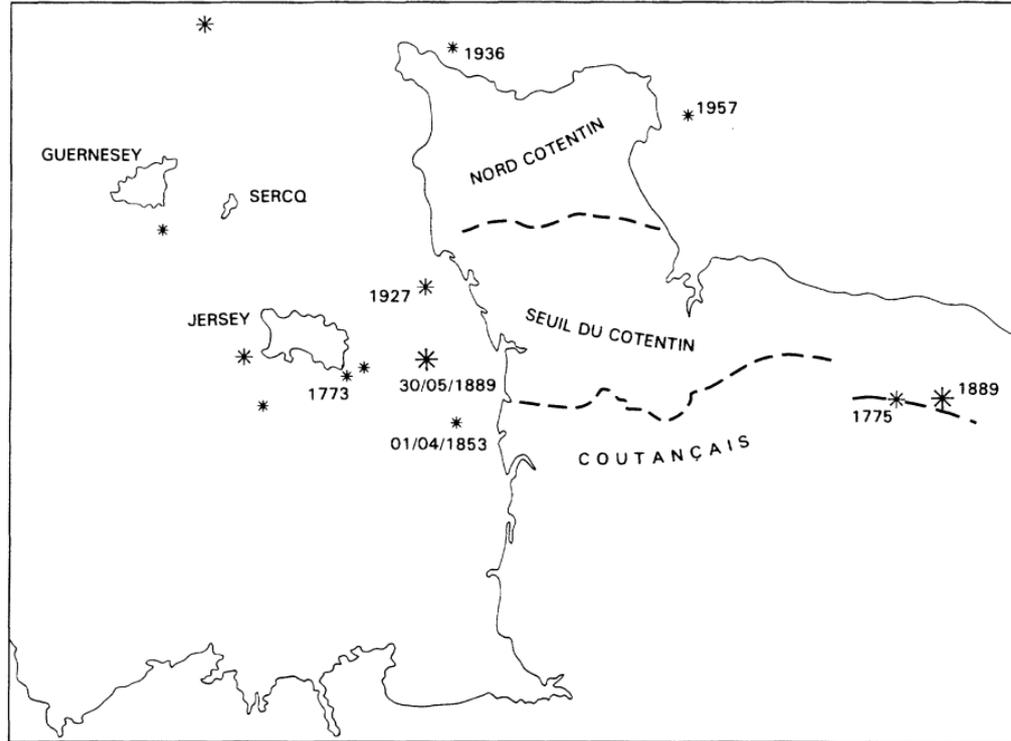


Fig. 20 - Localisation des principaux épicentres des séismes survenus depuis 200 ans
 (d'après C. Pareyn, 1987)

freiner ou de détourner les masses nuageuses océaniques. L'existence de l'isthme du Cotentin, situé immédiatement à l'Ouest de la feuille Balleroy, favorise, s'il était besoin, le passage des perturbations atlantiques.

Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 800 à 850 mm d'eau :

- l'automne est la saison la plus arrosée ;
- les précipitations maximales se situent entre octobre et mars ;
- les précipitations minimales concernent les mois de juillet et août.

Dans cette partie du Calvados, la température moyenne annuelle est de l'ordre de 10 °C. L'évapotranspiration réelle moyenne est voisine de 500 mm d'eau, ce qui laisse, pour l'infiltration et le ruissellement, environ 300 à 350 mm d'eau.

Hydrologie - Réseau hydrographique

Tous les cours d'eau situés sur la feuille Balleroy appartiennent au bassin versant de la Vire ; cependant, il faut distinguer le sous-bassin de l'Elle installée sur le quart sud-ouest de la feuille, et le sous-bassin de l'Aure couvrant tout le reste de la carte.

Le secteur le plus élevé de la feuille est celui couvert par la forêt de Cerisy-Balleroy située légèrement au Sud-Est du centre de la carte. La route nationale reliant Bayeux à Saint-Lô emprunte le grand axe de ce secteur élevé qui culmine à 141 m, au lieu-dit « la Malbrèche », à l'orée sud-ouest de la forêt domaniale. L'altitude décroît doucement le long de cette route, affichant 128 m à « l'embranchement » (orée nord-est de la forêt), et 99 m à l'entrée de Noron-la-Poterie.

Le secteur haut, que constitue la forêt de Balleroy, dévie le cours de la Drôme qui est rebroussé vers le Nord-Est et longe les hauteurs de la forêt domaniale, alors que la direction générale d'écoulement est l'Ouest ou le Nord-Ouest, vers la Vire et la baie des Veys qui est son exutoire.

Le chevelu des cours d'eau est assez ramifié sur les trois-quarts de la surface de la feuille occupés par les formations du Briovérien, du Permien et du Trias qui apparaissent ainsi comme des terrains ruisselants. Ceci traduit le caractère relativement imperméable de ces formations, caractère dû à leur nature propre ainsi qu'aux formations superficielles d'altération qu'elles ont développées.

Le quart nord-est de la feuille Balleroy est occupé par les formations sédimentaires du Lias et du Bajocien. A l'exception des marnes plutôt imperméables du Sinémurien (Lias inférieur), ces terrains sont bien filtrants ainsi que l'indique la raréfaction des ruisseaux dans ce secteur. Les rivières la Drôme et la Tortonne ont érodé les assises calcaires du Bajocien et du Lias supérieur et coulent sur les marnes du Sinémurien qui occupent le fond des vallées.

Sous-bassin de l'Elle

Le sous-bassin de l'Elle se trouve presque en totalité sur la feuille Balleroy dont il occupe le quart sud-ouest ; l'Elle prend sa source à quelques centaines de mètres de la limite sud de la carte, sur la feuille Torigni-sur-Vire. Elle reçoit de nombreux ruisseaux en rive gauche (dont le ruisseau de Branche), et en rive droite la rivière le Rieu, grossie du Croc.

Dans l'extrême coin sud-ouest de la feuille, deux ruisseaux, la Vessie et la Jouenne, se dirigent vers l'Ouest pour rejoindre directement la Vire.

Sous-bassin de l'Aure

L'Aure, affluent de la Vire, prend naissance sur la feuille Villers-Bocage, traverse la feuille Bayeux en se dirigeant plein Nord, puis, arrivée à 3 km environ de la côte, elle oblique brutalement plein Ouest pour rejoindre la Vire à Isigny-sur-Mer, à quelques kilomètres de la baie des Veys. Le cours de l'Aure occupe alors toute la limite nord de la feuille Balleroy, et, à l'Ouest de Trévières, la vallée s'élargit pour constituer un marais pourvu d'un réseau complexe de canaux, chenaux, fossés anastomosés. Ce marécage est à l'altitude très faible de 1 à 2 m.

A une seule exception en tête de bassin, vers Longraye, l'Aure présente la particularité de ne recevoir pratiquement aucun affluent en rive droite. On trouve en rive gauche :

- quatre affluents principaux (grossis de quelques ruisseaux) :
 - l'Aurette,
 - la Drôme (+ le Vesbire, le Gourguichon,...),
 - la Tortonne (+ la Siette, le Merdillon, le Grill,...),
 - l'Esque (+ le London, l'Orbec,...) ;
- un réseau de ruisseaux se jetant directement dans l'Aure :
 - e Douet de Courtelay,
 - les ruisseaux de Lison, de la Fontaine Carabin, de la Guilbertière, du Moulin d'Annebey,
 - le clos Thomassin,...

Hydrogéologie

La feuille Balleroy présente trois grands types de formations dont les qualités aquifères sont très différentes.

Formations du Briovérien

Elles occupent pratiquement la moitié sud de la feuille Balleroy et sont constituées de grauwackes, de siltites, de conglomérats, de grès, de phanites. Ces formations ne se révèlent qu'accessoirement aquifères dans les secteurs où les failles, la fracturation sont suffisamment importantes pour constituer un réservoir et conférer à la roche une porosité de fracture. Dans ces conditions, localement, le Briovérien peut constituer un aquifère discontinu de type milieu fissuré, surtout dans les secteurs à dominante gréseuse.

Plusieurs ouvrages sont d'ailleurs signalés dans cette formation ; la plupart d'entre eux sont utilisés pour l'alimentation en eau potable (AEP) :

- 118/5X/010 : la source captée du hameau Renouf, à Couvains, alimente le syndicat d'AEP de Saint-Clair-sur-Elle (3,6 m³/h) ;
- plusieurs ouvrages du syndicat d'AEP de Balleroy sollicitent le Briovérien :
 - 118/8X/013 : Saint-Paul-du-Vernay (La Rose) ; ce forage de 30 m fournit 50 m³/h de débit moyen en exploitation ;
 - 118/8X/018 : Saint-Paul-du-Vernay (station de pompage de Beauchêne) ; ce forage de 91 m effectué en 1990, a recoupé, à 68 m de profondeur, une fracture largement ouverte, génératrice d'une grosse arrivée d'eau. Ses caractéristiques hydrodynamiques sont : débit critique (Q_c) = 75 m³/h ; débit spécifique (Q_s) = 32 m³/h/m (à 60 m³/h) ; transmissivité (T) = 3,75 x 10⁻³ m²/s ; emmagasinement (S) = 6,5 x 10⁻² ; le débit d'exploitation a été fixé à 60 m³/h ;
- 118/7X/001 : la source Morin, à Vaubadon, captée en 1963, apporte environ 5 m³/h au syndicat d'AEP de Vaubadon ; la source de la Gorette, à Montfiquet (118/7X/006), alimente également ce même syndicat ;
- 118/6X/001 : la source de la ferme de la Motte, à Litteau, est un exemple d'utilisation agricole des eaux issues du Briovérien (7 m³/h).

Formations du Permien et du Trias

Les formations du Permien (Autunien rouge, r1R), et du Trias (Norien, t6), occupent une large bande Est-Ouest couvrant tout le quart nord-ouest de la feuille et une partie seulement du quart nord-est. La formation descend vers le Sud jusqu'à Saint-Paul-du-Vernay.

• **Les formations du Permien** (r1R), sont représentées par des pélites et des grès rouges. Ces terrains sont peu propices au stockage des eaux souterraines, mais peuvent, cependant, abriter localement un aquifère secondaire susceptible d'alimenter une petite collectivité ou une activité peu exigeante sur la quantité d'eau nécessaire.

• **Les formations du Trias** (t6) sont hétérogènes ; elles sont constituées d'un réseau complexe de chenaux circulant au sein de dépôts argileux à argilo-sableux :

- les chenaux sont constitués de dépôts de sables, de graviers, de galets et forment localement des aquifères productifs. Sur la feuille Balleroy, plusieurs forages exploitent cette ressource ;
- le Trias argileux, imperméable, ne comporte aucune ressource aquifère ;
- il existe aussi des calcrètes (niveaux indurés), qui n'ont pas de rôle aquifère.

La répartition spatiale entre le faciès argileux et le faciès sablo-graveleux dérive de la paléogéographie triasique locale, qui reste mal connue. Les guides de prospection sont rares et ténus. Cependant, environ une dizaine de forages et de sources sont répertoriés dans cette formation :

- utilisation pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP) :
 - 118/2X/010 : les sources qui sont captées à Bernesq alimentent le syndicat des sables et cailloutis triasiques ;
 - 118/2X/040 : à Colombières, le forage du Feuillet, en bordure du marais, capte la nappe du Trias (épais de 26 m) et assure un débit moyen de 60 m³/h destiné au syndicat d'AEP d'Isigny-Trévières ;
 - 118/4X/040 : issue des mêmes formations triasiques, la source d'Agy alimente le syndicat d'AEP des trois cantons ;
 - 118/4X/051 : le forage du Ribel, à Arganchy fournit 25 m³/h pour ce même syndicat ;
 - 118/8X/012 : à Arganchy, ferme de l'abbaye, un forage de 19 m alimente également le syndicat d'AEP des trois cantons ;
 - 118/3X/011 : la source du château de Berné, à Saon produit 1 000 m³/j pour le syndicat d'AEP du Mollay-Littry ;
 - 118/3X/075 : en 1987, à côté de cette source, a été creusé un forage de 20 m, traversant 15 m de Trias très sablo-graveleux ; il fournit un débit moyen de 35 m³/h ;
 - 118/8X/009 : ce forage situé à Torteval-Quesnay, profond de 13,80 m, procure un débit de 23 m³/h au syndicat d'AEP de Longraye ;
- utilisation industrielle :
 - 118/3X/059 et 060 : au Molay-Littry, deux forages captent un Trias assez fortement argileux ; ils produisent de petits débits pour une utilisation industrielle en fromagerie. Signalons que cette même industrie prélève également des eaux dans la Tortonne pour le nettoyage de ses installations ;

- 118/5X/007, 008 et 009 : trois petits ouvrages assez anciens ont été utilisés par un industriel à Sainte-Marguerite-d'Elle.

Formations du Lias et du Bajocien

Au Nord du cours de la Tortonne, la moitié du quart nord-est de la feuille est occupée par les formations du Jurassique inférieur (Lias) et du Jurassique moyen (Dogger).

Le Lias, représenté par des marnes du Sinémurien et les minces assises de calcaires marneux du Pliensbachien et du Toarcien, est presque sans intérêt aquifère. Cependant, les sources de Creveil (118/3X/002et 003) participent à l'alimentation publique de Trévières. Attribuées aux marnes du Sinémurien, elles sont captées depuis 1938. De même, la source de Barbeville (118/4X/027) participe à l'alimentation de Bayeux.

Le Jurassique moyen (Dogger) est constitué principalement par les calcaires à silex de l'Aalénien (« Malière ») et les calcaires à spongiaires du Bajocien. Ces formations calcaires, légèrement marneuses, forment un aquifère libre mais à caractère discontinu. Par ailleurs, il s'agit de la limite extrême ouest de ces formations qui ne disposent donc que d'une puissance restreinte.

Plusieurs forages puisent dans la nappe du Jurassique moyen :

- 118/4X/006 et 007 : les forages de Maisons, creusés en 1959, profonds de 15m environ, captent le Bajocien et l'Aalénien (« Malière ») ; ils peuvent produire environ 50 m³/h, à destination du syndicat d'AEP de Maisons-Port-en-Bessin ;
- 118/4X/021 : la station piézométrique de Maisons appartient au réseau de surveillance régional ; elle utilise un puits traditionnel et permet de suivre les variations de la nappe du Bajocien, depuis environ 30 ans. Le graphique d'évolution du niveau piézométrique pour les années 1987 à 1997 (annexe 3) montre une recharge de l'aquifère en hiver et début de printemps, et une vidange rapide en saison estivale, entraînant fréquemment un rabattement de 6 à 8 m.

Qualité des eaux

Formations du Briovérien

- **Faciès chimique.** Les eaux issues de cette formation se montrent souvent de type bicarbonaté calcique, légèrement chloruré, sodique, ce qui est assez inattendu pour une formation essentiellement schisto-gréseuse !

Cependant, cette caractéristique est vraie pour les forages de Couvains (hameau Renouf) et de Saint-Paul-du-Vernay (Beauchêne).

Par ailleurs, le Briovérien fissuré produit généralement des eaux moyennement minéralisées, assez agressives, de dureté moyenne, légèrement acides et présentant souvent des teneurs importantes en fer (autour de 1 mg/l) et en manganèse.

- **Vulnérabilité.** L'aquifère fissuré discontinu des terrains briovériens est libre et peu protégé. Sur le territoire de la feuille Balleroy, il existe assez peu de dépôts de lœss quaternaires susceptibles de constituer un écran filtrant purificateur des eaux d'infiltration ; de plus, ces plaquages sont érodés par les cours d'eau et réduits à des lambeaux très ramifiés. Dans les secteurs où les schistes sont dominants, les formations superficielles d'altération, à composante argileuse importante, constituent une petite protection pour les eaux souterraines. Cependant, le caractère fissuré des schistes et grès briovériens induit des circulations d'eau assez rapide au sein du réseau de fractures, ce qui accroît la vulnérabilité de l'aquifère.

Formations du Trias

- **Faciès chimique.** Les eaux issues du Trias montrent un faciès chimique très proche de celui des eaux produites par le Briovérien : elles sont également bicarbonatées calciques, chlorurées sodiques, agressives et corrosives, assez dures, légèrement acides (pH < 7), contenant en excès du fer et du manganèse.

- **Vulnérabilité.** La nappe du Trias est libre, peu profonde et de faible puissance. Il n'existe que peu de dépôts lœssiques susceptibles de constituer une formation de protection ; c'est donc une nappe vulnérable, qui, cependant, produit une eau de bonne qualité.

Formation du Lias et du Bajocien

- **Faciès chimique.** Les eaux du Lias et du Bajocien présentent un caractère bicarbonaté calcique bien affirmé, et les chlorures sont parfois bien représentés ; elles sont dures (TH de l'ordre de 40°F), le pH, proche de la neutralité, est toujours un peu supérieur à 7.

- **Vulnérabilité.** Le Bajocien, élément essentiel de cet aquifère libre, est relativement bien protégé par une formation d'altération (∞] = argiles à silicifications et à silex), et par les lœss weichséliens.

Les assises calcaires du Bajocien sont souvent karstiques, ce qui permet des échanges rapides entre eaux de surface et eaux souterraines, et constitue une cause de vulnérabilité de l'aquifère.

GÎTES ET INDICES MINÉRAUX

Gisements de charbon

Cette zone est principalement caractérisée par les anciennes exploitations de charbon situées au niveau de la dépression houillère du Molay-Littry.

Historique de l'exploitation (Musée de la mine du Molay-Littry) (fig. 21).

La compagnie des Mines de Littry a été fondée par acte du 15 juin 1747, lequel régissait encore la mine à sa fermeture en 1880.

Trois grandes périodes peuvent être distinguées :

- de 1747 à 1844 : cette période correspond à un siècle d'innovations techniques et de prospérité de la mine. L'exploitation démarre sur le bassin dit « Ancien Bassin ». Durant cette période, les recherches entreprises permettent de découvrir d'autres bassins, ceux de Pelcoq et Noël à l'Est et ceux du « Bassin Floquet » et du « Bassin Lance » à l'Ouest. Jusqu'en 1815, la politique commerciale privilégie l'exploitation du charbon dit « charbon maréchal » (houille grasse) pour les forges et manufactures. Ce dernier est cependant vite épuisé et l'exploitation passe progressivement sur celle du charbon à chaux (anthracite) pour la cuisson des calcaires. Entre 1815 et 1830, le charbon à chaux devient la spécialité du Molay-Littry. En 1842, les recherches menées dans le secteur aboutissent à la découverte du bassin de Fumichon ;
- de 1844 à 1864 : cette période marque le déclin de l'activité de ce bassin houiller, en raison de la concurrence du charbon anglais et des houillères du Nord de la France. Le nombre d'ouvriers passera de 952 en 1844 à 317 en 1860;
- de 1864 à 1880 : c'est la fin de l'exploitation avec la dissolution le 29 août 1879 de la Compagnie des Mines de Litty. Le 21 août 1880, le dernier puits sera fermé et noyé.

Au total, en 133 ans d'exploitation, ce bassin houiller aura fourni 2,5 millions de tonnes de charbon.

Minéralisations

Les indices minéralisés répertoriés sont limités. Concernant le plomb (Pb), le zinc (Zn) et le cuivre (Cu), quelques valeurs faiblement anormales ont été obtenues dans le secteur de Fumichon (La Folie, 2 x 4001). La littérature signale également un petit indice de Pb sans aucune valeur après prospection (5 x 4001) à Airel. Des indices sont également signalés entre Vau-

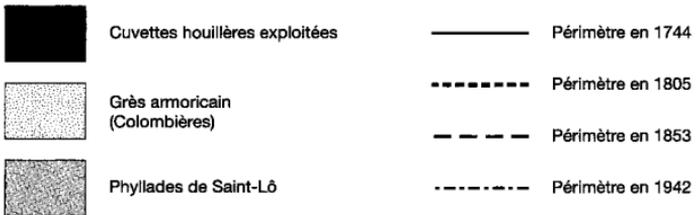
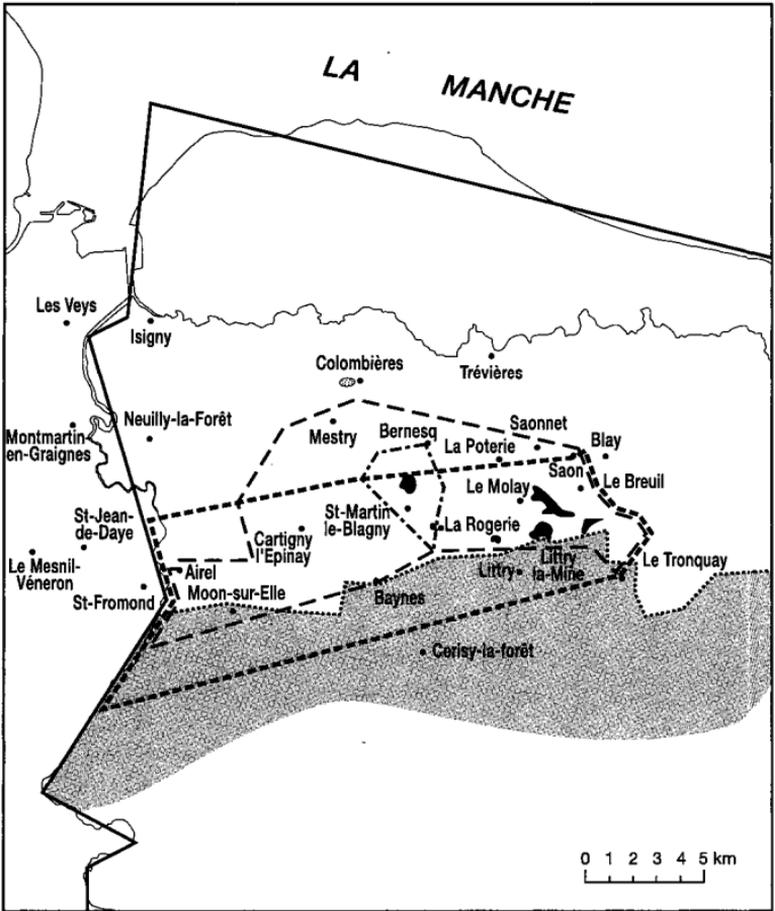


Fig. 21 - Carte des périmètres successifs de la concession de la société des mines de Littry (C. Pareyn, 1954)

badon et Littry au niveau des fermes de Littry, la Patinière, le Titre et la Lièvrerie. Les prospections géochimiques et géophysiques n'ont donné que de faibles résultats. Dans le Nord, quelques points de galène alluvionnaire sont signalés autour des communes de Trévières, La Poterie et La Folie.

Pour l'or, quelques points alluvionnaires épars ont été relevés dans le Briovérien, notamment entre Balleroy et Cahagnolles, à proximité des fermes de la Commanderie, du Manchion, près du château de Taillebois (Liteau), avec une forte anomalie à ce niveau, et à l'Ouest de Montfiquet. Un indice est également signalé par M. Lecornu (1881) dans la région de Vouilly.

Un indice de stibine (Sb, antimoine) a été découvert en 1978 par M. Villey dans un petit ravin situé au Nord du hameau de Montfiquet. Cet indice est constitué par des aiguilles de stibine millimétriques à centimétriques prises dans une gangue bréchique quartzeuse. Les études réalisées sur cet indice ont permis de définir une zone minéralisée de 200 m de long sur 40 m de large, restant cependant ouverte aux extrémités.

SUBSTANCES UTILES ET CARRIÈRES

Matériaux

Les petites carrières artisanales ouvertes pour l'empierrement des cours de fermes et des routes (siltites et gauwackes), mais également pour la confection de murets et de toitures (siltites ardoisières) sont fréquentes au niveau du Briovérien. Étant donné leur extension, les phanites, très résistants, n'ont été que très ponctuellement exploités. D'autres petites carrières ont également été recensées : dans le Trias pour l'exploitation des argiles à poteries mais également pour l'extraction de sables et galets ; dans l'Ordovicien à Colombières pour le Grès armoricain ; dans les calcaires de tous âges, notamment pour la construction et les fours à chaux ; dans les limons pour les colombages et la poterie.

A l'échelle industrielle, on retiendra :

- la carrière dans les sables de Saint-Vigor, au Nord-Est du Molay-Littry, sur la D5;
- les carrières d'argiles à poterie, notamment dans les secteurs de Noron-La-Poterie et du Molay-Littry ;
- la grande carrière de Vaubadon (Société Girard et Fosse et Cie) qui exploite les grès tufacés du Briovérien inférieur ;
- l'importante excavation (abandonnée) réalisée dans la terminaison ouest de la forêt de Cerisy au niveau d'un filon de quartz blanc.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE

Aucun site majeur ne semble avoir été recensé dans l'espace couvert par la feuille Balleroy en dehors de l'opidum de Castillon qui s'étend sur 35 ha. Un petit site néolithique a fourni des haches polies à Couvains (Bois de Bretel). Ont été signalés dans la littérature trois trésors monétaires, gaulois à Vouilly, et romains à Mosles et Colombières et deux cachettes de l'Age du Bronze à Vaubadon (40 haches à talon) et Montfréville.

AFFLEUREMENTS REMARQUABLES

Quelques points d'observations remarquables, caractérisés sur la carte par un astérisque et numérotés, sont donnés ici à titre indicatif.

Point 1. La Vente Lucas au Nord de Saint-Paul-du-Vernay, sur D 99 : affleurement en bordure de ruisseau permettant d'observer les conglomérats briovériens.

Point 2. Bois du Quesnay. Propriété privée. Plusieurs carrières dans les sables et galets triasiques.

Point 3. A l'Est de Castillon sur la D 99a, entre la Vierge et la ferme de la Noë : répétition de niveaux silteux ardoisiers et de niveaux grauwakeux à conglomératiques.

Point 4. Au Nord de Castillon, sur la rive gauche de la Drôme : siltites ardoisières lustrées du Briovérien inférieur.

Point 5. Les étangs du Mouliln Bacon (commune de Planquery), en bordure de la Drôme : affleurements de siltites ardoisières et de microconglomérats à conglomérats du Briovérien supérieur.

Point 6. Carrière de Vaubadon. Exploitation des grauwalkes de Rampan et des siltites du Briovérien inférieur. Propriété privée. Demande d'autorisation au préalable (tirs de mines et circulation d'engins).

Point 7. Terminaison ouest de la forêt de Cerisy, au Nord de Saint-Georges-d'Elle et de Saint-Quentin. Ancienne exploitation sur plusieurs centaines de mètres d'un filon de quartz de puissance plurimétrique.

Point 8. Ancienne carrière située en face de l'usine agro-alimentaire de Saint-Jean-de-Savigny : grauwalkes et siltites du Briovérien inférieur.

Point 9. Le Molay-Littry, dans le champ situé au carrefour des fermes du Lieu Haribel et de la Succession : nombreuses pierres volantes de phtanite.

Point 10. Volcanites du Carbonifère.

Point 11. Commune de La Croix-Hurault (Sainte-Marguerite-d'Elle) : au Nord de la ferme du Tronquay, nombreuses pierres volantes de phtanite en blocs pluridécimétriques.

Point 12. Commune de La Meauffe : carrière abandonnée de la Pégoterie permettant d'observer la Formation des Calcaires de La Meauffe (au fond de la carrière). Domaine privé.

Guide géologique régional

Pour plus d'informations, le lecteur pourra se reporter au Guide géologique régional « Normandie » par F. Doré, P. Juignet, C. Larssonneur et M. Rioult, 1977 ; Masson éd., Paris, 207 p., 12 pl.

DOCUMENTS CONSULTABLES

La Banque de données du sous-sol (BSS) du BRGM détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux transmis. Les documents peuvent être consultés :

- pour le Calvados et la Manche au Service géologique régional Basse Normandie, Citis « Le Pentacle », avenue de Tsukuba, 14209 Hérouville-Saint-Clair Cedex ; ou encore au BRGM, Maison de la Géologie, 77, rue Claude-Bernard, 75005 Paris.

BIBLIOGRAPHIE

AUBRY J. (1982) - Formations permienues et triasiques du bassin de Carentan, quelques aspects de la distinction entre les deux formations. Thèse 3^e cycle, Caen, 285 p.

AUVRAY B., MAILLET P. (1977) - Volcanisme et subduction au Protérozoïque supérieur dans le Massif armoricain (France). Bull. Soc. géol. Fr., 7, XIX, p. 947-952.

AUVRAY B., LEFORT J.-P. (1979) - Évolution géodynamique du Nord du Massif armoricain au Protérozoïque supérieur. *J. Geol Soc, London*, 137, 213.

- BAIZE S., CAMUZARD J.P., FRESLON M., LANGEVIN C., LAIGNEL B. (1998) - Notice explicative, Carte Géol. France (1/50 000), feuille Carentan (117) - Orléans : BRGM ; carte géologique Carentan (117) par BAYZE S., C. PAREYN, J. AUBRY, F. ZWINGELBERG, J.P. COUTARD, J.C. OZOUF, J.P. LAUTRIDOU (1998).
- BALE P., BRUN J.P. (1983) - Les chevauchements cadomiens de la baie de Saint-Brieuc (Massif armoricain). *C.R. Acad. Sci*, Paris, 297, p. 359-362.
- BIGOT A. (1980) - L'achéen et le Cambrien dans le Nord du Massif breton et leurs équivalents dans le Pays de Galles. Paris, Ed. Le Maout, 202 p., 49 fig.
- BIGOT A. (1891) - Esquisse géologique de la Basse Normandie. *Bull. Lab. Géol. Fac. Sci.* Caen, 1^{ère} année, p. 103-105.
- BIGOT A. (1948) - Le terrain houiller de Basse Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie*, t. 5, 9e s. (1946-1947), p. 94-104.
- BIGOT A. (1950) - Hydrogéologie du Calvados. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, t. XLVIII, n° 280, p. 115-198.
- BONISSENT M. (1870) - Essai géologique sur le département de la Manche. Cherbourg. Feuardent, 427 pages.
- BROWN M., POWER G.M., TOPLEY C.G., D'LEMONS R.S. (1990) - Cadomian magmatism in the North Armorican Massif. From D'LEMONS R.S., STRACHAN R.A., and TOPLEY C.G. (eds). (1990) - The Cadomian Orogeny Geological Society Special Publication, n° 51, p. 81-213.
- BRUN J.P., BALE P. (1990) - Cadomian tectonics in Northern Brittany. *Geol. Soc. London, Spec. Pub.*, 51, p. 95-114.
- CABANIS B., CHANTRAINE J., RABU D. (1986) - Étude géochimique du volcanisme briovérien (Protérozoïque supérieur) du domaine nord-armoricain : implications géodynamiques. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 305, II, p. 51-56.
- CHANTRAINE J. (1989) - Commentaire sur la carte de synthèse du Massif armoricain. Document interne BRGM, non publié.
- CHANTRAINE J., CHAUVEL J.J., DUPRET L., GATINOT F., ICART J.C., LE CORRE C., RABU D., SAUVAN P., VILLEY M. (1983) - Inventaire lithologique et structural du Briovérien (Protérozoïque supérieur) de la Bretagne centrale et du Bocage normand. *Bull. BRGM, Géologie de la France I*, n° 2-3, p. 3-17, 6 pl. h.t.
- CHANTRAINE J., CHAUVEL J.J., BALE P., DENIS E., RABU D. (1986) - Le Briovérien (Protérozoïque) de Bretagne. *In* Géodynamique du Massif armoricain. Réunion R.C.P. 705, Paris, 13 oct. 1986, 1 p.
- CHANTRAINE J., CHAUVEL J.J., BALE P., DENIS E., RABU D. (1988) - Le Briovérien (Protérozoïque supérieur à terminal) et l'orogénèse cadomienne en Bretagne (France). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), t. IV, n° 5, p. 815-829.

- COGNE J. (1962) - Le Briovérien : esquisse des caractères stratigraphiques, métamorphiques, structuraux et paléogéographiques de l'Antécambrien récent dans le Massif armoricain. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), IV, 3, p. 413-430.
- COGNE J., WRIGHT A.E. (1980) - L'orogène cadomien ; vers un essai d'interprétation paléogéodynamique unitaire des phénomènes orogéniques fini-précambriens, puis d'Europe, puis alpin. Colloque C6, 26^e congr. géol. intern., p. 29-55.
- COUTARD F. (1983) - Le Bassin occidental. Etude géomorphologique. Mém. Centre Rech. Géogr. Phys. de l'Environnement, Université de Caen, n° 1, 183 p.
- COUTARD J. (1970) - Le Saint-Lois, étude géomorphologique. Thèse 3^e cycle. Département de géographie, Univ. Caen, 282 p.
- COUTARD J.P. (à paraître) - Carte des formations superficielles BRGM, feuille Balleroy.
- COUTIL L. (1895) - Inventaire des découvertes d'archéologie préhistoriques de Normandie. Département de l'Orne. Bulletin de la Société Normande d'Études Préhistoriques, t. III, p. 37-99.
- DABART M.P. (1997) - Les formations à cherts carbonés (phtanites) de la chaîne cadomienne : genèse et signification géodynamique. Exemple du segment armoricain. Document du BRGM n° 267, 247 p.
- DABART M.P., LOI A., PEUCAT J.J. (1994) - Origine des sédiments briovériens du Massif armoricain : typologie des zircons et analyse isotopique. *In* « La chaîne cadomienne nord-armoricaine et ses prolongements ». Séance spéc. de la SGF, Rennes, 6-7-8 septembre 1994.
- DALIMIER P. (1861) - Stratigraphie des terrains primaires dans la presqu'île du Cotentin. Thèse Fac. Sci. Paris, Imp. L. Martinet, 34 p.
- DANGEARD L. (1952) - La Normandie. Paris, Hermann, 280 p., Act. Sc. et Ind., n° 1140, Géol. Rég. de la Fr., vol. VII
- DISSLER E., DORE F., DUPRET L., GRESSELIN F., LE GALL J. (1986) - Le socle cadomo-varisque du Nord-Est du Massif armoricain : évolution géodynamique. Réunion RCP 706, Paris, 13 oct. 1986, 1 p.
- DISSLER E., DORE F., DUPRET L., GRESSELIN F., LE GALL J. (1988) - L'évolution géodynamique cadomienne du Nord-Est du Massif armoricain. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), IV, p. 801-814.
- DORE F. (1969) - Les formations cambriennes de Normandie. Thèse État, 790 p. (CNRS AO 2837).
- DORE F. (1971) - A propos du détritisme ordovicien en Normandie : réflexions basées sur la composition du cortège des minéraux lourds. *Bull. Soc. linn. Normandie*, 102, p. 42-50.

- DORE F. (1972) - La transgression majeure du Paléozoïque inférieur dans le Nord-Est du Massif armoricain. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (2), XIV, p. 199-211.
- DORE F., DUPRET L., LE GALL J. (1985) - Tillites et tilloïdes du Massif armoricain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 51, p. 85-96.
- DORE F., JUIGNET P., LARSONNEUR C, PAREYN C, RIOULT M. (1987) - Guide géologique régional « Normandie-Maine ». Masson éd., Paris, 207 p.
- DUPRET L. (1983) - Le Protérozoïque du Nord-Est du Massif armoricain. *In* Zoubek V. édité, Precambrien in Younger fold belts.
- DUPRET L. (1988) - Le Protérozoïque du Massif armoricain nord-oriental (Normandie et Maine). *Bull. Soc. linn. Normandie*, vol. 110-111, p. 75-100.
- DUPRET L., LE GALL J. (1984) - Intensité et superposition des schistogénèses cadomiennes et varisques dans le Nord-Est du Massif armoricain. 10^{ème} Réunion annuelle des Sciences de la Terre, Bordeaux, 200 p.
- DUPRET L., DISSLER E., DORÉ F., GRESSELIN F., LE GALL J. (1990) - Cadomian geodynamic evolution of the northeastern Armorican Massif (Normandy and Maine). From D'LEMOIS R.S., STRACHAN R.A. and TOPLEY C.G. (eds), 1990. The Cadomian Orogeny Geological Society Special Publication n° 51, p. 115-131.
- DUPRET L., DISSLER E., PONCET J., COUTARD J.P., FRESLON M., CAMUZARD J.P. (1997) - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Saint-Lô (143). Orléans : BRGM ; notice explicative par DUPRET L., DISSLER E., PONCET J., COUTARD J.P., FRESLON M., CAMUZARD J.P. (1997).
- EGAL E., LE GOFF E. (1994) - Structuration du domaine cadomien de Bretagne (France). *In* « La chaîne cadomienne nord-armoricaine et ses prolongements ». Séance spéc. de la SGF, Rennes, 6-7-8 septembre 1994.
- ELHAÏ H. (1963) - La Normandie occidentale entre la Seine et le golfe normand-breton. Etude morphologique. Thèse Etat, Géographie, imprimerie Bière, Bordeaux, 624 p.
- FILY G., COUTARD J.P, PAREYN C, RIOULT M., AUFFRET J.P., LARSONNEUR C. (1989) - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Grandcamp-Maisy (95). Orléans : BRGM ; Notice explicative par FILY G., COUTARD J.P, RIOULT M., AUFFRET J.P, LARSONNEUR C, DE LA QUERRIERE P. (1989), 55 p.
- GARLAN T. (1985) - Sédimentologie du Briovérien supérieur de Normandie et du Maine. Thèse 3^e cycle, Caen, 166 p.
- GRESSE P. (1968) - Origine des apports détritiques du bassin pliocène du Cotentin. *Mém. Soc. géologique et minéralogique de Bretagne*, t. XIII, colloque sur le Néogène nordique, 1965, p. 79-85.

- GUERROT C, PEUCAT J.P., DUPRET L. (1989) - Données nouvelles sur l'âge du système briovérien (Protérozoïque supérieur dans le Nord du Massif armoricain). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 308, série II, p. 89-92.
- GUERROT C, PEUCAT J.J. (1990) - U-Pb geochronology of the late Proterozoic Cadomian Orogeny in the Northern Armorican Massif, France. In D'LEMONS, R.S. STRACHAN, R.A. and TOPLEY, C.G. (eds), London, Special Publication, 51, 13-26.
- GUERROT C, THIEBLEMONT D., ÉGAL E., LE GOFF E., CHANTRAINE J. (1994) - Révision du magmatisme cadomien en Bretagne nord-I : Géochronologie. In « La chaîne cadomienne nord-armoricaine et ses prolongements ». Séance spéc. de la SGF, Rennes, 6-7-8 septembre 1994.
- GRAINDOR M.J. (1957) - Le Briovérien dans le Nord-Est du Massif armoricain. *Mém. Serv. Carte. Géol. France*, 211 p., 45 fig., 26 pl. h.t.
- GRAINDOR M.J. (1957) - Le Briovérien dans le Nord-Est du Massif armoricain. Thèse Caen, 1955, *Mém. Expl. Carte géol. France*.
- GRAINDOR M.J., ROBLLOT M.M., ROBARDET M., RIOULT M. (1967) - Carte géol. France à 1/80 000, feuille Saint-Lô (28), 3^e édition. Paris ; Service Carte géol. France.
- GRAVIOU P., PEUCAT J.J., AUVRAY B., VIDAL P. (1988) - The Cadomian orogeny in the Northern Armorican Massif. Petrological and geochronological constraints on a geodynamic model, Hercynia, Rennes, IV, p. 1-13.
- GRESSELIN F. (1990) - Evolution varisque du Massif armoricain oriental ; insertion dans une transversale ouest-européenne. Thèse Univ. Caen, 335 p.
- HEBERT E. (1886) - Phyllades de Saint-Lô et conglomérats pourprés du Nord-Ouest de la France. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3^e serv. t. XIV, p. 713-717.
- HEBERT R. (1993) - Evolution tectonométamorphique d'un arc insulaire au Protérozoïque supérieur : le domaine de Saint-Brieuc (Massif armoricain). Document du BRGM, n° 228, 356 p.
- JONIN M. (1981) - Un batholite fini-cambrien, le batholite mancellien (Massif armoricain, France) ; étude pétrographique et géochimique. Thèse Sciences, Univ. Bretagne occidentale (Brest), 319 p.
- JUIGNET P. (1962) - Géologie de la région de Pont Hébert-Airel (Manche) ; le Briovérien et les calcaires de La Meauffe. *Mém. Soc. Sci. Nat. et Math. Cherbourg*, t. X, série 5, p. 121-199.
- KLEIN C. (1973) - Massif armoricain et Bassin parisien : contribution à l'étude géologique et géomorphologique d'un massif ancien et de ses enveloppes sédimentaires. *Publ. Univ. Strasbourg. Fond. Baulig*, 12, 882 p.
- LAMBERT J., LEVRET-ALBARET A. (1996) - 1 000 ans de séismes en France. Catalogue d'épicentres et références. Ouest Éditions, Presses Académiques.

- LANGEVIN C, MINOUX L., BEURRIER M., VILLEY M., L'HOMER A., LAUTRIDOU J.P. (1984) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Avranches (209). Orléans : BRGM. Notice explicative par LANGEVIN C, MINOUX L., L'HOMER A., LAUTRIDOU J.P., DASSIBAT C, VERRON G. (1984), 54 p.
- LARSONNEUR C. (1962) - Faciès, faune, flore du Keuper supérieur-Rhétien dans la région d'Airel. *Mém. Soc. Sci. Nat. et Math. Cherbourg*, t. X, série 5, p. 71-118.
- LARSONNEUR C. (1964) - *Semionotus normanniae* du Trias supérieur de Basse-Normandie. *Ann. Paléont.*, I, fasc. 2, p. 103.
- LARSONNEUR C, DE LAPPARENT A.F. (1966) - Un dinosaurien Carnivore, *Halticosaurus*, dans le Rhétien d'Airel. *Bull. Soc. linn. Normandie*, t. 7, 10^e s., p. 108-117.
- LAUTRIDOU J.P. (1985) - Le cycle périglaciaire pléistocène en Europe du Nord-Ouest et plus particulièrement en Normandie. Ed. Centr. Géomorph. CNRS Caen, 908 p.
- LAUTRIDOU J.P. (1991) - Les sables de couverture weichséliens de la Baie du Mont-Saint-Michel (France). *Z. Geomorph. N.F.*, suppl. Bd. 90, p. 123-130, Berlin-Stuttgart, September 1991.
- LECORNU M. (1881) - Sur les gisements métallifères de la basse Normandie. *Bull. Soc. linn. de Normandie*, p. 360.
- LE CORRE C. (1977) - Le Briovérien de Bretagne centrale : essai de synthèse lithologique et structurale. *Bull. BRGM*, sect. 1, p. 219-254.
- LE CORRE C, AUVRAY B., BALLEVRE M., ROBARDET M. (1991) - Le Massif armoricain. *Sci. Géol. Bull.*, 44, 1-2, p. 31-103, Strasbourg, 1991.
- LE GALL J., DORE F., GRESSELIN F., PAREYN C. (1989) - Le magmatisme alcalin de la distension post-varisque dans le Nord du Massif armoricain : exemples des volcanites carbonifères du bassin de Carentan et des lamprophyres du Nord-Cotentin. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. CVIII, p. 25-33.
- LEMAITRE H. (1955) - Grès et poudingues tertiaires du Cinglais. Ass. française pour l'Avancement des Sciences, Actes du 74^e congrès, Caen, juillet 1955, 4 p.
- LEUTWEIN F., SONET J., ZIMMERMANN J.L. (1968) - Géochronologie et évolution orogénique précambrienne et hercynienne de la partie nord-est du Massif armoricain. *Sci. de la Terre*, Nancy, mém. n° 11, 84 p.
- L'HOMER A., PAREYN CL. (1982) - Bassin de Carentan. In « Synthèse géologique des bassins permien français (bassins de l'Aumance, d'Autun et de Carentan) ». Rapport BRGM 82 SGN 994 GEO.
- MANSUY C. (1983) - Les microsphères du Protérozoïque supérieur armoricain (Briovérien) : nature, répartition stratigraphique, affinité biologique. Thèse 3^e cycle, Rennes.

- MORTELEMANS G., JUIGNET P. (1966) - Oncolithes des calcaires briovériens de La Meauffe (Manche). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 263, p. 1199-1201.
- PAREYN C. (1954) - Le bassin houiller de Littry (Calvados). Publ. BRGM, 14, 132 p.
- PAREYN C. (1980) - Mise en évidence d'une activité néotectonique pliocène et quaternaire dans le Cotentin, le bassin de Carentan et le Bessin (Manche et Calvados). *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. XXII, série 7, n° 4, p. 695-701.
- PAREYN C., L'HOMER A. (1982) - Synthèse géologique des bassins permien français. Bassin de l'Aumance, bassin d'Autun, bassin de Carentan. Rapport BRGM 82 SGN 994 GEO.
- PAREYN C., L'HOMER A. (1989) - Le bassin permien de Carentan. In « Synthèse géologique des bassins permien français ». Mém. BRGM, p. 128.
- PASTEELS P., DORÉ F. (1982) - Ages of the Vire-Carolles granits. In G.S. Odin (éd.) "Numerical dating in stratigraphy", p. 784-790.
- PETTIJOHN F., POTTER E., SIEVER R. (1973) - Sands and sandstones. Springer Verlag, 618 p.
- PONCET J. (1965) - Esquisse géologique du Pliocène de Basse-Normandie. In « Compte rendu du Colloque international pour l'étude du Néogène nordique, France (1965) ». *Mém. Soc. Géol. minéral Bretagne*, t. XIII, p. 37-40.
- QUONIAM S. (1970) - Les formations superficielles et leur contribution à l'étude morphologique de la région de Colleville-Le Melay-Littry. Mémoire de maîtrise, Université de Caen, Département de Géographie, 70 p.
- RIOULT M. (1964) - Le stratotype du Bajocien. Colloque du Jurassique, Luxembourg, 1962. CR et Mém. Inst. Gd-Ducal Lux., Sect. Sci. Nat., Phys. et Math., p. 239-258.
- RIOULT M. (1967) - Contribution à l'étude du Lias de la bordure occidentale du bassin de Paris. Thèse État, Caen, 3 tomes.
- ROBARDET M. (1981) - Évolution géodynamique du Nord-Est du Massif armoricain au Paléozoïque. *Mém. Soc. géol. minér. Bretagne*, 20, 342 p.
- ROBLOT M.M., CHAIGNEAU M., MAJZOUR M. (1964) - Détermination du rapport des isotopes stables du carbone dans les phanites précambriens. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 258, groupe 9, p. 253-255.
- SAGON J.P. (1976) - Contribution à l'étude géologique de la partie orientale du bassin de Châteaulin (Massif armoricain) : stratigraphie, volcanisme, métamorphisme, tectonique. Thèse Doct. État. Univ. P. et M. Curie. Paris VI.
- STRACHAN R.A., ROACH R.A. (1990) - Tectonic evolution of the Cadomian belt in north Brittany. Geological Society of London, Special Publication, 51, p. 133-150.

- TOPLEY C.G., BROWN M., POWER G.M., D'LEMONS R.S., ROACH R.A. (1990) - The northern igneous complex of Guernsey, Channel Islands. *In* D'LEMONS R.S., STRACHAN R.A., TOPLEY C.G. (eds). The Cadomian Orogeny. Geological Society, London, Special Publications, 51, p. 245-259.
- TROMELIN G., LE GOARANT (de) (1877) - Etude des terrains paléozoïques de la Basse-Normandie, particulièrement dans les départements de l'Orne et du Calvados. AFAS, 6^e session, Le Havre, p. 493-501.
- VATTIER G. (1959) - Étude du Trias entre Carentan et Falaise. DES Sci. Nat., Univ. Caen, 97 p.
- VERNHET Y., DHELLEMMES R., DORE F., ENOUF C., LAUTRIDOU J.P., VERRON G. (1996) - Carte géologique France (1/50 000), feuille Domfront (249). Orléans : BRGM. Notice explicative par VERNHET Y., DORE F., LAUTRIDOU J.P., TALBOT H., VERRON G., DHELLEMMES R., ENOUF C. (1996).
- VERNHET Y., CHEVREMONT Ph., LAUTRIDOU J.P. (1997) - Carte géologique France (1/50 000), feuille Landivy (248). Orléans : BRGM. Notice explicative par VERNHET Y., CHEVREMONT Ph., LANGEVIN C. (1997).
- VERRON G. (1975) - Informations archéologiques. Circonscription de Haute et Basse-Normandie. *Gallia Préhistoire*, t. 18, p. 495-497, fig. 32 et t. 20, p. 384-385, fig. 32.
- VIALON P., RUHLAND M., GROLIER J. (1976) - Éléments de tectonique analytique. Masson.
- VIEILLARD E. (1874) - Le terrain houiller de Basse Normandie, ses ressources, son avenir. Publication du Conseil Général du Calvados, 166 p. (chap. 2, p. 28-55 + cartes).
- VIEILLARD E. (1880) - Carte géologique du département de la Manche.
- VIGNERESSE J.L. (1986) - La fracturation post-hercynienne du Massif armoricain d'après les données géophysiques. Coll. Tectonique, effondrements et remplissages sédimentaires cénozoïques en domaine armoricain. Rennes, Nantes, 9-13 sept. 1986.
- VILLEY M. (1978) - Décrochements hercyniens dans le Briovérien normand (Balleroy, feuille à 1/50 000). *Bull BRGM*, section I, n° 4, p. 365-369.
- VOGT J., CADIOT B., DELAUNAY J., FAURY G., MASSINON B., MAYER-ROSA D., WEBER C. (1979) - Les tremblements de terre en France. Mém. BRGM, n° 96, 220 p., 1 carte h.t.
- ZWINGELBERG F. (1988) - Kartographische Aufnahme der Störungszone « la faille limite » am Südrand des Bassins de Carentan in der Normandie, Frankreich. Diplôme de l'Université d'Aix-la-Chapelle, 112 p., 3 cartes.

DOCUMENTATION CARTOGRAPHIQUE

Carte géologique du département du Calvados par A. de Caumont (1829).

Carte géologique du département de la Manche par A. de Caumont (1827), puis par E. Vieillard, A. Potier et A. de Lapparent (1880).

Carte géologique Saint-Lô n° 28 à 1/80 000 :

- 1^{re} édition (1891) par L. Lecornu ;
- 2^{ème} édition (1926) par A. Bigot ;
- 3^{ème} édition (1967) par M.J. Graindor, M.M. Roblot, M. Robard et M. Rioult.

Carte sismotectonique de la France à 1/1 000 000 (1980) par J. Vogt et C. Weber.

AUTEURS

• **Pour la notice** : la coordination de cette notice a été assurée par Y. VERNHET, ingénieur géologue au BRGM.

Les chapitres « Introduction », « Conditions de formation des entités géologiques » et « Géologie de l'environnement » ont été rédigés par Y. VERNHET avec, pour le dernier chapitre, la participation de J.P. COUTARD, ingénieur de recherche au CNRS (Caen) pour le paragraphe « sols ».

Le chapitre « Evolution tectono-métamorphique » a été écrit par Y. VERNHET, pour la partie concernant les déformations enregistrées par les terrains protérozoïques, et par S. BAIZE, doctorant à l'Université de Caen, pour la partie portant sur les déformations des terrains post-protérozoïques.

Le chapitre « Synthèse géodynamique régionale » a été rédigé par Y. VERNHET, pour le Protérozoïque, et S. BAIZE, pour les terrains post-protérozoïques, avec la collaboration de J. CHANTRAINE, ingénieur géologue au BRGM.

Au niveau du chapitre « Description des terrains », les formations du Protérozoïque supérieur ont été étudiées par Y. VERNHET. Les formations du Paléozoïque, Mésozoïque et Cénozoïque ont été décrites par S. BAIZE, notamment d'après les documents et données de terrain de C. PAREYN et de J. AUBRY. Le paragraphe portant sur la Formation des Calcaires de La Meauffe a été écrit par Y. VERNHET.

Le paragraphe portant sur les roches filoniennes et laves indifférenciées a été rédigé par Y. VERNHET, les laves carbonifères ont été décrites par S. BAIZE.

Les formations quaternaires et superficielles ont été étudiées par J.P. COUTARD et S. BAIZE, avec la participation de Y. VERNHET pour les lèss.

Le chapitre « Ressources en eau » a été rédigé par Cl. LANGEVIN.

La partie « Préhistoire et Archéologie » a été rédigée par J.P. COUTARD.

• **Pour la carte** : les explorations et les tracés ont été effectués :

- pour les formations du Briovérien et formations associées géographiquement (Trias, filons, formations superficielles, etc.) ainsi que pour le contact Briovérien-Trias par Y. VERNHET, ingénieur géologue au BRGM ; une première approche cartographique du Briovérien dans le périmètre Littry-Cerisy-Foulognes a été réalisée en 1976 par M. VILLEY, ingénieur au BRGM;

- pour les terrains carbonifères, permien et triasiques par C. PAREYN, professeur honoraire à l'Université de Caen, accompagné de J. AUBRY, doctorant à l'université de Caen ;

- F. ZWINGELBERG, doctorant à l'université d'Aix-La-Chapelle, dans la zone de contact Sud entre le bassin permo-carbonifère et le socle armoricain (1987);

- J.P. COUTARD et F. COUTARD, ingénieurs de recherche au CNRS (Caen) pour les formations superficielles sur substratum primaire et secondaire ;

- S. BAIZE, pour le Jurassique.

ANNEXES

Commune et dénomination	Coordonnées Lambert	Coupe résumée	Altitude du toit (m)	Numéro d'enregistrement au SGN
Le Molay-Littry fosse du presbytère	x = 364,390 y = 176,440 z = +155	0-63 m : Trias et Permien 63-144 m : Houiller avec roches volcaniques à la base	-8	3 - 0084
Le Breuil en Bessin fosse des Mouettes	x = 368,350 y = 177,000 z = +36	0-15 m : Trias 15-51 m : Houiller	+21	3 - 0085
Le Breuil en Bessin fosse Noel	x = 366,700 y = 177,510 z = +25	0-56 m : Trias et Permien 56-107 m : Houiller	-31	3 - 0086
Tournières Pré de la Rivière	x = 361,745 y = 175,690 z = +45	0-49 m : Trias et Permien 49-145 m : Houiller avec roches volcaniques à la base	-4	2 - 0014
Saint-Martin-de-Blagny puits n° 1 Fumichon	x = 361,350 y = 178,390 z = +15	0-173 m : Permien 173-215,75 m : H	-158	2 - 0043
Le Molay-Littry Les Hauts Vents	x = 363,325 y = 175,910 z = +69	0-36 m : Trias 36-143 m : Houiller avec roches basiques à la base	+33	2 - 0020
Saonnet La Poterie	x = 364,800 y = 179,250 z = +22	0-46 m : Trias et Permien 46-253 m : Houiller 253 m : Cambrien	-24 -231	3 - 0087
Le Molay-Littry fosse des Landes	x = 364,900 y = 175,500 z = +67	0-2 m : Trias 2-65 m : Houiller 65 m : Briovérien	+65	3 - 0088

Quelques travaux de recherches pour le charbon enregistrés à la Banque des données du sous-sol (BRGM)

Commune et dénomination	Coordonnées Lambert	Coupe résumée	Altitude du toit (m)	Numéro d'enregistrement au SGN
Saon Gruchy	x = 368,300 y = 181,550 z = +73	0-11 m : argile de décalcification 11-18 m : Mâlière 18-23 m : Toarcien 23-27 m : Pliensbachien 27-30 m : Sinémurien	+62 +55 +50 +46	3 - 0068
Saint-Martin-de-Blagny La Coquerie	x = 361,205 y = 177,100 z = +25	0-110 m : Permien 110-200 m : Houiller 200-226 m : Schistes cambriens	-85 -275	2 - 0026
Colombières	x = 357,800 y = 183,175 z = +10	0-18 m : Trias (galets sur calcrète) 18-99,70 m : Permien 99,70-102 m : Grès armoricain	-10 -91,70	1 - 0017
Lison-gare	x = 353,550 y = 175,125 z = +8	0-400 m : Trias et Permien 400-539,84 m : Houiller	-392	5 - 0004
Le Breuil-en-Bessin Degoussée	x = 368,080 y = 177,720 z = +20	0-43,30 m : Trias et Permien 43,30-73,15 m : Houiller	-23,30	3 - 0089
Castilly	x = 353,320 y = 179,900 z = +44	0-23 m : Trias 23-200 m : Permien rouge (séries IV-V et VI) 200-300 m : Permien gris (série III) 300-395 m : Série II avec banc de tuf 395 m : Schistes cambriens	+22 -155 -255 -350	1 - 0020

Quelques travaux de recherches pour le charbon enregistrés à la Banque des données du sous-sol (BRGM) (suite)

Commune et dénomination	Coordonnées Lambert	Coupe résumée	Altitude du toit (m)	Numéro d'enregistrement au SGN
Tour-en-Bessin Gréville	x = 372,375 y = 180,920 z = +60	0-4,90 m : argile rubéfiée 4,90-12,20 m : calcaires bajociens 12,20-21,50 m : Aalénien 21,50-24 m : Toarcien	+ 47,80 + 38,50	4 - 0076
Maisons La Poste	x = 375,250 y = 183,700 z = +28	0-5,80 m : alluvions 5,80-13 m : calcaires bajociens 13-24 m : Aalénien 24-26 m : Toarcien	+ 22,20 + 15 + 4	4 - 0077
Barbeville	x = 376,350 y = 180,500 z = +30	0-2,6 m : alluvions 2,6-7,80 m : Aalénien 7,80-14 m : Toarcien 14-25 m : Pliensbachien 25-58,20 m : Sinémurien 58,20-71 m : Trias 71 m : Permien	+ 19,20 + 13 + 2 -31,20 -44	4 - 0002
Mandeville	x = 366,320 y = 182,500 z = +62,50	0-6 m : argile superficielle 6-7 m : schistes carton (Toarcien) 7-15 m : Pliensbachien 15-65 m : Sinémurien 65-104 m : Trias 104-112 m : Permien	+ 55 + 47 -3 -42	3 - 0072

Quelques travaux de recherches pour le charbon enregistrés à la Banque des données du sous-sol (BRGM) (fin)

Nom de la commune	Lieu-dit	Nature	X	Y	Z	Profondeur des travaux	Numéro d'enregistrement au SGN
Colombières	Le Marais	Sondage pour eau	357,49	184,30	2,00	17,00	1 x 0018
Bricqueville	Chemin des Couteux	Sondage pour eau	361,25	180,69	22,00	40,00	2 x 0029
Ecrammeville	Le Marais	Sondage pour eau	361,60	184,51	2,50	24,60	2 x 0032
Colombières	Le Feuillet	Sondage pour eau	358,55	183,89	2,50	16,00	2 x 0034
Colombières	Château de Colombières	Sondage pour eau	359,21	183,52	5,00	14,10	2 x 0036
Bernesq	Les Tourailles	Carrière d'argile	364,20	180,09	22,05	34,00	2 x 0039
Bernesq		Carrière d'argile	364,00	180,32	22,05		2 x 0041
Le Manoir		Carrière de sable	368,70	177,30	40,05		3 x 0005
Le Molay	Fromagerie Gervais Danone	Forage pour eau	365,07	176,72	35,57	46,00	3 x 0059
Saon	Le Petit Breuil	Sondage pour eau	368,32	179,00	16,50	31,00	3 x 0064
Saon	Haras de Gruchy	Sondage pour eau	368,30	181,55	73,00	30,00	3 x 0068
Mandeville-en-Bessin	Le Court	Sondage pour eau	366,32	182,50	62,50	112,00	3 x 0072
Le Molay-Littry	Littry	Gîte charbon	366,80	175,20	60,00	100,00	3 x 4001

Liste des carrières et indices recensés et de quelques sondages réalisés pour la recherche d'eau

Nom de la commune	Lieu-dit	Nature	X	Y	Z	Profondeur des travaux	Numéro d'enregistrement au SGN
Campigny	Château des Fresnes	Carrière d'argile	371,76	177,26	49,05		4 x 0048
Moon-sur-Elle	La Poterie	Carrière d'argile	353,28	174,41	13,00	6,00	5 x 0001
Moon-sur-Elle	Le Clos Perrin	Carrière d'argile	352,84	174,34	17,00	10,00	5 x 0002
Moon-sur-Elle	La Fotelaie	Carrière d'argile	353,74	174,22	13,00	10,00	5 x 0003
Airel	Airel	Indice de plomb et pyrite	352,80	174,40	10,00		5 x 4001
Cerisy-la-Forêt	La Coue Pellière	Carrière d'argile	360,29	169,00	80,00	12,00	6 x 0002
Vaubadon	Bois de Querquesalles	Carrière grès et schistes	368,72	171,02	70,00	67,00	7 x 0002
Torteval-Quesnay	Pont du Titre	Sondage pour eau	376,71	167,25	73,00	13,80	8 x 0009
Arganchy	L'Abbaye	Sondage pour eau	376,99	174,10	52,00	18,00	8 x 0011
Le Tronquay		Carrière d'argile	372,17	173,84	67,05		8 x 0020

Liste des carrières et indices recensés et de quelques sondages réalisés pour la recherche d'eau



Agence de l'Eau Seine-Normandie

01184X0021/S1

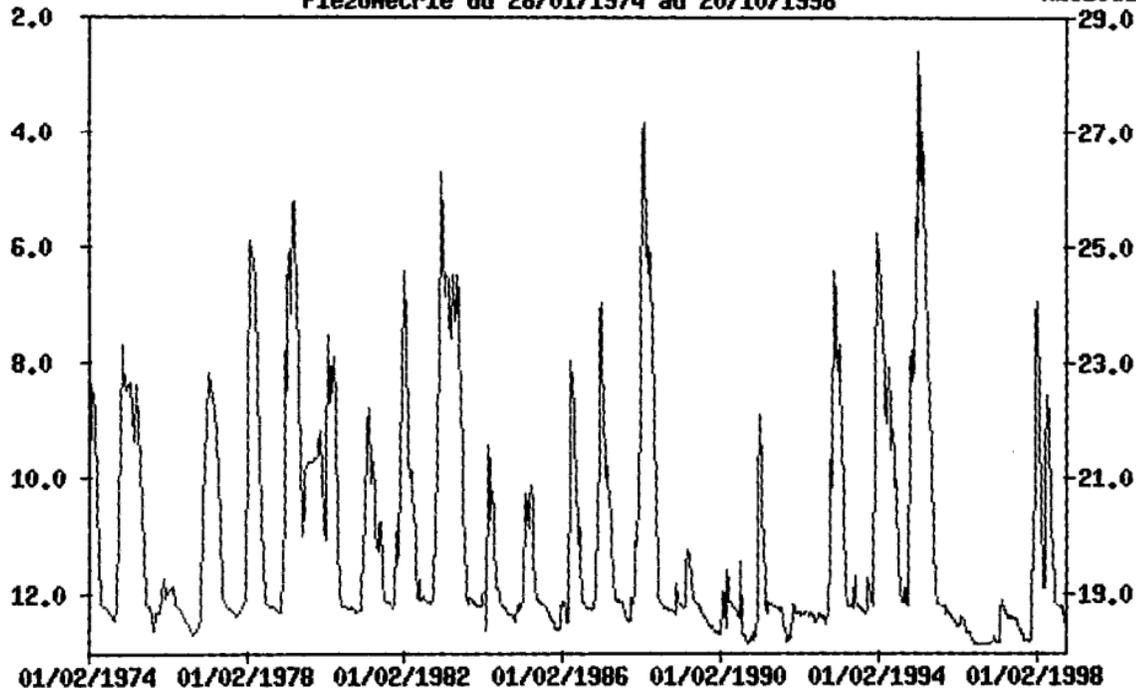
MAISONS (CALVADOS)

Nappe du calcaire du bajocien

Piezometrie du 28/01/1974 au 20/10/1998

Profondeur

Altitude



Évolution du niveau piézométrique de la nappe du calcaire du Bajocien