

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

CAEN

par

M. RIOULT, J.P. COUTARD, P. de LA QUÉRIÈRE

M. HELLUIN, C. LARSONNEUR, J. PELLERIN

avec la collaboration de

M. PROVOST

CAEN

La carte géologique à 1/50 000
CAEN est recouverte par la coupure
CAEN (N° 29)
de la carte géologique de la France à 1/80 000.

		Le Havre
Bayeux Courseulles s-Mer	CAEN	Lisieux
Villers- Bocage	Mézidon	Livarot

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



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

par

**M. RIOULT, J.P. COUTARD, P. de LA QUÉRIÈRE, M. HELLUIN,
C. LARSONNEUR, J. PELLERIN**

avec la collaboration de M. PROVOST

1989

Références bibliographiques. Toute référence en bibliographie au présent document doit être faite de façon suivante :

— *pour la carte* : RIOULT M., COUTARD J.F., HELLUIN M., PELLERIN J., QUINEJURE-HELLUINE., LARSONNEUR C., ALAIN Y. (1986) — Carte géol. France (1/50 000), feuille CAEN (120) — Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par RIOULT M., COUTARD J.P., DE LA QUÉRIÈRE P., HELLUIN M., LARSONNEUR C., PELLERIN J., PROVOST M. (1989), 104 p.

— *pour la notice* : RIOULT M., COUTARD J.P., DE LA QUÉRIÈRE P., HELLUIN M., LARSONNEUR C., PELLERIN J., PROVOST M. (1989) — Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille CAEN (120) — Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 104 p. Carte géologique par RIOULT M., COUTARD J.P., HELLUIN M., PELLERIN J., QUINEJURE-HELLUINE., LARSONNEUR C., ALAIN Y. (1986).

© BRGM, 1989. 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 2-7159-1120-3

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	5
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	5
<i>PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	5
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE</i>	6
DESCRIPTION DES TERRAINS	12
<i>TERRAINS NON AFFLEURANTS</i>	12
<i>TERRAINS AFFLEURANTS</i>	22
Formations mésozoïques	22
Formations superficielles	48
<i>GÉOLOGIE DE LA MARGE SOUS-MARINE</i>	55
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES	57
<i>REMARQUES TECTONIQUES ET ÉVOLUTION STRUCTURALE</i>	57
<i>TREMBLEMENTS DE TERRE</i>	61
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	62
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	62
<i>CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES RÉGIONALES</i>	65
<i>SUBSTANCES UTILES</i>	68
OCCUPATION DU SOL	74
<i>PRÉHISTOIRE ET PROTOHISTOIRE</i>	74
<i>VÉGÉTATION ET PAYSAGES</i>	76
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	79
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i>	79
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	80
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	104
AUTEURS DE LA NOTICE	104

INTRODUCTION

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Les explorations et les tracés géologiques ont été effectués de 1968 à 1971 :

- pour les formations mésozoïques, par Michel Rioult, chargé de recherche au CNRS, laboratoire de géologie de Normandie occidentale à l'université de Caen ;
- pour les formations superficielles, par Jean-Pierre Coutard, Michel Helluin, Joël Pellerin, ingénieurs au Centre de géomorphologie du CNRS et Edwige Quinejure-Helluin, ingénieur au laboratoire de géographie physique (C.R.E.G.E.P.E.) de l'université de Caen, sous la direction de André Journaux, professeur émérite de géographie de l'université de Caen et ancien directeur du Centre de géomorphologie du CNRS à Caen ;
- pour la couverture de sédiments meubles du plateau continental (zone marine) par Claude Larsonneur, professeur et directeur du laboratoire de géologie marine de l'université de Caen.

Par rapport à la dernière édition de la feuille Caen de la carte géologique à 1/80 000 (1962), les principales données nouvelles à remarquer sont les suivantes :

- grands traits géologiques du socle armoricain masqué par la couverture jurassique : le synclinal de Ranville encadré de compartiments briovériens ;
- reconnaissance du Trias supérieur et du Jurassique inférieur et moyen (Pliensbachien à Bajocien inclus) sous les calcaires bathoniens ;
- affleurement des principales caillasses du Bathonien supérieur ;
- subdivision des dépôts calloviens et oxfordiens : proposition d'unités nouvelles ;
- révision des formations superficielles ;
- cartographie des sédiments marins au large des côtes du Calvados ;
- relations végétation—sous-sol : les grandes unités du paysage.

PRÉSENTATION DE LA CARTE

Un plateau de Mésozoïque terminé en falaises sur la côte et entaillé par deux vallées remblayées. Trois régions naturelles différenciées au Quaternaire

Trois régions naturelles se partagent le territoire de cette feuille :

- à l'Ouest, la *Campagne de Caen*, de part et d'autre de la vallée de l'Orne, plateau de calcaires bathoniens faiblement incliné vers l'ENE, recouvert de limons quaternaires en placages ; les paysages très ouverts y sont dominés par les grandes cultures céréalières et industrielles ;
- au centre, la *Vallée d'Auge*, entre un alignement de buttes argileuses calloviennes coiffées d'alluvions anciennes boisées, détachées à l'avant du talus (ou cuesta) du Pays d'Auge par la Dives quaternaire, puissant fleuve très dif-

fèrent de la paisible rivière actuelle ; ses marais verdoyants, inondables, constituent un pays d'élevage réputé (bovins, ovins, chevaux) ;

— enfin à l'Est, le *Pays d'Auge*, plateau formé d'épaisses argiles surmontées de calcaires oxfordiens et cénomaniens, séparés par les niveaux plus détritiques de la base du Crétacé discordant et transgressif ; le sommet de ce plateau, décalcifié, est recouvert d'argiles à silex portant souvent des bosquets ; profondément disséqué par un réseau de vallons qui l'entame jusqu'aux marnes, ce plateau se résoud en une mosaïque bocagère de champs et d'herbages plantés de pommiers, pays traditionnel de polyculture et d'élevage.

Les vallées de l'Orne et de la Dives, subperpendiculaires à la ligne de rivage, débouchaient au Quaternaire sur la paléovallée de la Seine, dont le large chenal est localisé sur les fonds de la Manche, coupant la baie de Seine, de Honfleur au large de Barfleur. D'épais dépôts de remblaiement, continentaux et marins, colmatent les basses-vallées de ces deux rivières.

La côte, régularisée par la migration régionale des sables littoraux vers l'Est, est bordée à l'Ouest par de petites falaises côtières et des hauts-fonds calcaires (rochers de Luc et de Lion) ne découvrant qu'aux marées de vive-eau. Entre l'estuaire de l'Orne et celui de la Dives, tous deux abrités par leur flèche sableuse, un cordon de dunes, fixé par des épineux, graminées et conifères, sépare les vastes plages sableuses des marais de la vallée de la Dives. A l'Est, d'Houlgate à Villiers, les hautes falaises des Vaches-Noires, argileuses grisâtres à brunâtres à la base, calcaires et plus claires au sommet, présentent le sous-sol du Pays d'Auge en coupe naturelle.

Les interférences et combinaisons des qualités du sol et du sous-sol avec l'érosion, la végétation et les activités humaines ont renforcé les contrastes entre ces trois régions naturelles.

Le relief est plus nettement accusé à l'Est et les hauteurs du Pays d'Auge dominant d'une centaine de mètres celles de la Campagne de Caen.

Entre les deux, le fond de la Vallée d'Auge se trouve dans plusieurs secteurs à la même altitude que la ligne de rivage, ce qui explique les nombreux méandres de la Dives dans ses alluvions.

Le jeu des accidents qui structurent le socle armoricain sous-jacent a contrôlé la fracturation et la déformation de la couverture, en orientant souvent le réseau hydrographique. Mais les formations superficielles et la végétation gênent considérablement l'étude structurale.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Les affleurements de ce secteur du Calvados ne permettent de reconstituer l'histoire géologique de la région qu'à partir du Bathonien, c'est-à-dire depuis la moitié environ des temps jurassiques. Mais les sondages, exécutés depuis une trentaine d'années pour la prospection du minerai de fer et pour les recherches hydrogéologiques, ont apporté de telles précisions sur la composition et la structure de son sous-sol profond, qu'il faut nécessairement en tenir compte aujourd'hui.

Sous la couverture mésozoïque, essentiellement calcaire et argileuse, les terrains anciens de la partie nord-orientale du Massif armoricain constituent le socle entièrement masqué, très analogue à celui qui vient au jour à quelques dizaines de kilomètres au Sud de Caen.

Protérozoïque et Paléozoïque

Le synclinal paléozoïque de Ranville, dont l'existence fut pressentie dès 1912, puis confirmée 50 ans plus tard, au Nord-Est de Caen, est complètement recouvert par la couverture sédimentaire mésozoïque à l'aplomb de l'extrémité orientale de la Campagne de Caen (à l'Est de l'Orne) et de la Vallée d'Auge (à l'Ouest de la Dives). Il s'apparente tout à fait, par la nature et la disposition des roches qui le composent, aux synclinaux de May-sur-Orne et d'Urville. Axé comme eux N 110, ce pli varisque n'est formé que de dépôts du Paléozoïque inférieur. Il est encadré par deux compartiments de Précambrien supérieur : l'un du Sud-Ouest, sous l'agglomération caennaise, le sépare du synclinal de May, tandis que l'autre, au NNE de Ranville, s'intercale vraisemblablement entre ce dernier et un autre pli, également caché sous les terrains secondaires, le synclinal de Dives, dont la présence en profondeur fut invoquée dès le début de ce siècle également.

Les premiers indices de l'histoire géologique de la région cartographiée remontent donc à la fin des temps protérozoïques. Au *Briovérien supérieur*, se dépose en milieu marin relativement profond et sous l'influence de courants chargés de boue, une puissante accumulation détritique, rythmée en petites séquences granoclassées. Grès grauwaqueux, grès fins, argilites noires constituent ces unités décimétriques à plurimétriques, plus ou moins complètes et se ravinant mutuellement. Cette épaisse série monotone et azoïque de turbidites se rapporte pétrographiquement à la formation du Flysch de la Laize, définie au Sud d'après les affleurements des environs de Fresney-le-Puceux (Calvados).

Les relations entre cette série précambrienne et les assises paléozoïques du synclinal de Ranville ne sont pas encore connues dans le détail. Pourtant, les bancs gréso-schisteux briovériens, apparemment très redressés sous l'agglomération caennaise, contrastent avec les couches paléozoïques appartenant au flanc sud de ce synclinal, à pendage moyen de 45° NNE. Il existe donc, comme dans les autres synclinaux bas-normands, une discordance angulaire entre les deux séries, impliquant la déformation des terrains briovériens par l'orogénèse cadomienne, leur émergence, leur altération et leur érosion, avant le retour de la mer au début du Paléozoïque.

Les premiers dépôts primaires identifiés sont datés du *Cambrien inférieur*. Ils rattachent la région à la province paléogéographique de la Normandie centrale, dont ils représenteraient les témoins les plus septentrionaux, bordant au Sud l'extrémité du futur cap bas-normand (Doré, 1969). Le début de la sédimentation cambrienne, épicontinentale et à cachet molassique, remanie les matériaux d'érosion jonchant la surface continentale post-cadomienne, rougie et altérée. Ces grands épandages détritiques grossiers (conglomérats et arkoses du Poudingue pourpré) n'ont pas encore été localisés à la base de la transgression cambrienne dans ce secteur, mais ils peuvent

être discontinus et cantonnés aux dépressions de la pénéplaine antécambrienne. En fait, la première formation cambrienne reconnue est celle des Schistes et calcaires, à laquelle sont attribuées les argilites rosées ou verdâtres anciennement traversées par sondage sous le plateau de Colombelles. Au-dessus viennent les Grès feldspathiques, à caractères deltaïques et régressifs, déjà repérés ponctuellement sous la couverture jurassique, à l'Ouest et à l'Est de Caen, et qui sont particulièrement développés dans le flanc sud du synclinal de Ranville, entre Blainville, Hérouvillette et Saint-Samson. Il y a lacune de la partie supérieure du Cambrien à la suite d'une longue crise épirogénique.

Le Grès armoricain manque aussi à la base de l'*Ordovicien* dans tous les sondages étudiés et le minerai de fer llanvirnien repose directement sur la surface d'érosion tronquant les Grès feldspathiques, comme à May. Ce contact résulte donc des effets cumulés de l'épirogenèse régionale : émerision générale de la région à la fin du Cambrien inférieur, érosion et lacune de sédimentation pendant l'Arénigien. De ce fait, la transgression ordovicienne atteint tardivement ce secteur armoricain, seulement au cours du débordement des vasières littorales (Schistes d'Urville = ex-Schistes à Calymènes) sur les reliefs résiduels de la pénéplaine post-cadomienne, et en particulier ici sur l'extrémité du cap bas-normand. Ces vases argileuses noires, pyriteuses, à passées silteuses ou micacées contenaient des faunes de bivalves, de trilobites benthiques et de graptolites pélagiques. Elles renferment à leur base des couches d'oolithes ferrugineuses, formées de lamines de chlorite et d'hématite, dans une matrice ou un ciment riches en sidérose, constituant un minerai de fer essentiellement oxydé. Analogue à celui de May-sur-Orne ou Saint-Rémy-sur-Orne, ce dernier se situe dans l'alignement de ces deux gisements miniers, jalonnant ainsi la zone la plus oxydée (et vraisemblablement la plus littorale) du dépôt minéralisé. Les Schistes d'Urville (Llanvirnien) sont surmontés par la formation des Grès de May. Ce puissant épandage de sables fins, bien classés, déposés en milieu littoral, contient des passées d'oolithes chloriteuses à la partie inférieure dans les Grès ferrugineux (Llandeilien inférieur) et une intercalation d'argilite à pélite schisteuse médiane (Schistes à *Marrolithus bureaui*) permettant de séparer dans le synclinal de Ranville comme dans celui de May, un « Petit May » (Llandeilien supérieur) d'un « Grand May » (Caradocien inférieur). Les Schistes supérieurs (Caradocien supérieur) et la Tillite de Feuguerolles (post-Ashgillien inférieur à base du Llandovérien = Hirnantien) ne sont pas signalés dans les sondages.

Par contre, le *Silurien* est représenté au cœur de ce pli par des argilites ampélitiques noires, à graptolites et crinoïdes (*Scyphocrinites* cf. *elegans*) indiquant ici, comme dans le forage du Quesnay (synclinal d'Urville), que l'enregistrement sédimentaire silurien se prolongeait sous un même faciès jusqu'au Budnanien, au-delà du Ludlovien, niveau stratigraphique le plus élevé dans le Paléozoïque des synclinaux du Calvados.

L'absence de tout dépôt du Paléozoïque supérieur interdit l'analyse détaillée des déformations varisques. Cependant, ces dernières apparaissent dans le synclinal de Ranville, comparables dans leur style, leur intensité et leur densité, à celles qui affectent les synclinaux voisins (May, Urville).

Pénéplaine post-hercynienne

Après la surrection de la chaîne varisque (post-viséenne), l'alternance des phases d'altération et d'érosion a contrôlé la lente élaboration d'une pénélaine pendant la longue période d'émersion de la région, qui a duré de la fin des temps paléozoïques au début du Jurassique. Pourtant, au retour de la mer pendant le Lias moyen (Carixien), la surface de cette pénélaine post-hercynienne conservait encore des reliefs résiduels, en particulier à l'aplomb des synclinaux paléozoïques. Des cuvettes allongées, sculptées dans les argilites et pélites, piégeaient par endroits des sables et des galets au *Trias supérieur*; elles étaient séparées par des crêtes de grès et quartzites résistantes à l'érosion. Par inversion des reliefs, ces synclinaux paléozoïques, en saillie sur la pénélaine, dominaient alors les dépressions environnantes creusées aux dépens des roches plus tectonisées, plus tendres ou plus altérées de l'encaissant précambrien. Des pointements rocheux ont donc constitué longtemps des écueils et des îlots dans les mers du Jurassique inférieur et moyen, contrôlant les courants, la sédimentation et les peuplements des fonds marins armoricains, sur le territoire étudié comme au Sud.

Cycle jurassique

La transgression liasique atteint tardivement ce secteur au début du Pliensbachien, quand les eaux marines du Bassin parisien débordent sur le massif ancien. Les premiers dépôts sont des calcaires à bélemnites, remaniant à leur base, autour des écueils, les sables et galets fluviaux du Trias.

Du Pliensbachien à la fin du Bajocien, les formations marines sont toujours plus condensées et plus calcaires sur les paléoreliefs, mais l'enregistrement sédimentaire reste relativement complet. Dans le détail, ces dépôts organisés en 5 à 6 séquences, tendent vers un net approfondissement de la mer au début du Domérien, au début et à la fin du Toarcien, aux limites Aalénien/Bajocien et Bajocien inférieur/supérieur. Les inégalités de la surface post-hercynienne sont nivelées grossièrement et l'installation du régime de plate-forme carbonatée qui prévaudra au Bathonien, s'exprime dès la fin du Bajocien.

Les plus anciennes couches jurassiques affleurant sur le territoire de la feuille, tout spécialement celles du Calcaire de Caen (*Bathonien inférieur à moyen basal*), sont accessibles au Sud-Ouest, le long des vallées de l'Orne et de ses affluents, dans la limite de l'agglomération caennaise. Situés à la partie inférieure d'une puissante série carbonatée (100 à 110 m) supportant la Campagne de Caen, ces calcaires bioclastiques à silex se rattachent distalement au cortège de dépôts caractéristiques d'une plate-forme interne. Ils passent vers le Nord et Nord-Ouest à des marnes qui se prolongent dans le Sillon marneux périarmoricaïn et se raccordent au faciès « Fuller's earth » anglais. Verticalement, ils sont surmontés par des calcaires oolithiques, à petits récifs d'éponges siliceuses ou de polypiers (Calcaire de Blainville). Ces sables calcaires sont mis en place par des courants venant du Sud. Leur flore et leur faune indiquent un climat chaud et sec de type tropical et des influences de terres émergées proches. La plate-forme carbonatée s'étend

sur plus de 200 km de large en bordure nord-est du Massif armoricain. La région étudiée se trouve alors comprise entre le sillon marneux longeant les limites nord et est du massif ancien (plancher de la Manche centrale, vallée de la Seine) et la frange littorale qui bordait l'éperon du Perche au Sud (région Sées—Alençon).

Une crise épirogénique clôt cette première grande séquence sédimentaire à la fin du *Bathonien moyen*, rajeunissant les reliefs armoricains et initiant les modifications hydrodynamiques et sédimentaires, au moment où la mer bathonienne déborde au maximum sur les terres émergées au Sud-Ouest. Durant le *Bathonien supérieur*, deux séquences analogues, mais plus contractées, se succèdent. Chacune de ces trois séquences du Bathonien est encadrée d'arrêts de sédimentation (surfaces durcies, perforées ou ravinées) servant de repères lithostratigraphiques et cartographiques sur la bordure occidentale du Bassin parisien. Ces deux dernières séquences marquent deux étapes dans l'inversion des courants marins qui, portant au NNE au Bathonien moyen, vont progressivement virer au Sud par rotation dextre, préparant ainsi le brusque changement de régime sédimentaire survenant avant la fin du Bathonien (Fily, 1978).

Brutalement, des vases argileuses se substituent aux sables calcaires et la plate-forme carbonatée bathonienne disparaît, ensevelie sous les terrigènes marneux. Un profond bouleversement du climat et des courants marins est donc intervenu au Bathonien terminal (début de la sous-zone à *Discus*) dans le bassin, à la suite d'une élévation du niveau marin. L'apparition de céphalopodes d'affinités boréales (bélemnites, ammonites) dans les Marnes d'Escoville, au début du *Callovien*, et dans les Marnes d'Argences, indique bientôt un net refroidissement des eaux marines. Subsidence et érosion rythment la sédimentation terrigène par le jeu des alternances marno-calcaires et des apports de silts et sables quartzeux. Au cours du *Callovien moyen*, un ralentissement temporaire de la subsidence, avec début de nivellement, correspond au dépôt, sous une tranche d'eau plus mince, des Marnes sableuses et calcaires de Crèveœur passant au Sud à un niveau condensé à oolithes ferrugineuses (zone à *Coronatum*) et terminant une première séquence terrigène. Ce régime de vase littorale, ouverte aux influences du large et aux apports continentaux, reprend avec les Marnes de Dives du *Callovien supérieur* et se prolonge dans les Marnes de Villers à l'*Oxfordien inférieur* : le taux de sédimentation augmente fortement et le plancton océanique se dépose sur la bordure est-armoricaine.

Un nouveau ralentissement de la subsidence et de la sédimentation se traduit par une première intercalation de calcaire à oolithes ferrugineuses à la fin de l'*Oxfordien inférieur*. Elle est suivie d'une brève récurrence argileuse, avant une suite de couches marno-calcaires à décharges détritiques, sableuses et graveleuses, quartzieuses et ferrugineuses, formant le Calcaire d'Auberville, dont les bancs supérieurs contiennent aussi les premières oolithes calcaires et les premiers débris de polypiers annonçant le nouveau régime de plate-forme carbonatée qui s'installe à l'*Oxfordien moyen*.

Cette plate-forme calcaire de l'*Oxfordien moyen*, plus étroite que celle du Bathonien moyen, car ne dépassant guère une centaine de kilomètres de lar-

geur, se met en place sur le rebord nord-oriental du bloc armoricain, complètement nivelé, pendant une période de stabilité tectonique. Des sables oolithiques s'y répartissent inégalement. De petits récifs de polypiers colonisent le sommet des plus importantes accumulations et séparent alors le lagon interne, riche en boues crayeuses, des faciès bioclastiques externes plus grossiers et variés. Cette évolution de la plate-forme, naturellement régressive, est interrompue par une soudaine reprise de la subsidence des fonds marins et de l'érosion sur les terres émergées proches, dès le début de l'Oxfordien supérieur.

Surface d'érosion post-jurassique

Mais la limite supérieure de cette série jurassique coïncide dans la région cartographiée avec la surface d'érosion infracrétacée et correspond à la période d'émersion qui durera depuis la fin des temps jurassiques jusqu'au retour de la mer au cours de l'Albien, voire dès l'Aptien supérieur dans les dépressions locales. Pendant ce laps de temps, des basculements vers le Nord et vers l'Est, rejeux d'accidents du socle sous-jacent, et faibles déformations plicatives à grand rayon de courbure ont affecté la surface de la pénéplaine post-jurassique offerte à l'altération et à l'érosion.

Transgression crétacée

Quelques lentilles de sables quartzeux fins azoïques peuvent combler le fond de chenaux creusés dans les terrains jurassiques. Mais les premiers dépôts marins crétacés sont généralement des faciès sablo-glauconieux verts qui recouvrent et nivellent la surface continentale post-jurassique sur les formations oxfordiennes et calloviennes. Cette Glauconie de base contient des fossiles remaniés de l'Albien et la faune propre du *Cénomanién basal* à sa partie supérieure. Elle passe à des calcaires grésoglauconieux, puis à des craies à passées de gaize, datés du Cénomanién inférieur. D'ordinaire, les formations crayeuses crétacées sont irrégulièrement décalcifiées à la partie supérieure de leurs affleurements dans tout le Pays d'Auge et font place à des argiles à silex.

Tertiaire

Quelques placages sableux ou gréseux résiduels d'âge tertiaire sont attribués à l'*Éocène supérieur—Oligocène inférieur* par comparaison avec des formations analogues datées sur les feuilles voisines. Ils reposent, dispersés, à la surface de ces plateaux calcaires crétacés, au-dessus des argiles de décalcification, développées ici essentiellement aux dépens des craies cénomaniennes.

Après l'Éocène et durant le Pléistocène, des accidents du socle armoricain ont joué à plusieurs reprises.

Quaternaire

Pendant le Pléistocène, les variations du niveau marin, liées aux glaciations, ont laissé des surfaces d'érosion jalonnées de dépôts marins étagés sur

la côte. De même les grands cours d'eau, tels l'Orne et la Dives quaternaires se raccordaient à la paléovallée de la Seine creusée dans le plancher de la Manche actuelle au Nord, puis remblayée par des alluvions caillouteuses. Le surcreusement de leur basse-vallée, le dégagement des buttes-témoins dans les formations marno-sableuses calloviennes, l'élaboration du réseau karstique dans les calcaires jurassiques ou crétacés fissurés, surtout au voisinage des côtes, et enfin les systèmes de terrasses fluviales étagés ou emboîtés le long des vallées, sont autant de jalons dans l'évolution morphologique de nos paysages au cours du Quaternaire.

Sous climat périglaciaire, des coulées de boue et des glissements en masse ont considérablement modifié, suivant leur exposition, les versants des vallées incisées par l'érosion, adoucissant les reliefs dans l'ensemble du Pays d'Auge.

Enfin, des limons, piégés à la surface des plateaux exposés aux vents d'Ouest ou dans les vallons secs, ainsi que des tourbes accumulées dans les remblaiements littoraux ou les remplissages de vallées, permettent de reconstituer dans le détail, les étapes de cette évolution climatique et végétale depuis la dernière glaciation jusqu'à nos jours.

Quelques opérations d'aménagement récentes, liées à l'extension des activités industrielles ou portuaires, à l'équipement touristique du littoral et au développement de l'agglomération caennaise, se remarquent dans nos paysages : ici et là, grandes cicatrices d'extraction à ciel ouvert, épandages de rejets de dragages entre l'Orne et le canal de Caen à la mer et disparition progressive des meilleures terres limoneuses cultivables au Nord de Caen sous la pression de l'urbanisation.

DESCRIPTION DES TERRAINS

TERRAINS NON AFFLEURANTS

Sous les terrains cartographiés et complètement masqués à l'affleurement, se rencontrent grâce aux sondages profonds dans le sous-sol du territoire étudié, trois grands ensembles sédimentaires s'échelonnant du Protérozoïque supérieur au Jurassique moyen, et présentant des relations géométriques différentes, liées à trois épisodes de l'évolution tectonique régionale.

Ces trois unités structurales sont respectivement, de la plus ancienne à la plus récente :

- le vieux socle cadomien, composé de Protérozoïque supérieur (Briovérien) ;
- le synclinal de Ranville, pli varisque constitué de formations du Paléozoïque inférieur (Cambrien, Ordovicien, Silurien) ;
- la base de la couverture mésozoïque, reposant soit sur le vieux socle, soit sur le synclinal de Ranville par l'intermédiaire de la surface d'érosion de la pénéplaine post-hercynienne affectant les deux. L'empilement des terrains

du Trias supérieur, du Jurassique inférieur et moyen se poursuit par les couches connues à l'affleurement et décrites plus loin.

L'étude des couches non affleurantes a permis de reculer notablement les limites de l'histoire géologique de la région et apporte des données nouvelles sur la composition, la structure et les ressources du sous-sol en substances utiles.

Protérozoïque supérieur (Briovérien supérieur)

Le vieux socle cadomien érodé a été localisé dans deux secteurs en bordure de la basse-vallée de l'Orne : sous l'agglomération caennaise au Sud-Ouest et à l'aplomb de Ranville.

Un compartiment briovérien jouxte le flanc sud du synclinal de Ranville, au Sud d'une ligne Colombelles—Troarn. Sous la ville de Caen, le puits foré sur la place Saint-Pierre en 1848-1849, a rencontré ces terrains précambriens à 45 m de profondeur et y a pénétré sur 21 m avant de s'y arrêter (Eudes-Deslongchamps, 1849 ; Bigot, 1932). Depuis cette époque, ces couches grésoschisteuses, en bancs redressés, subverticaux, ont été atteintes sous les terrains jurassiques au droit de la Prairie de Caen, de Venoix et de Cormelles-le-Royal (coin sud-ouest du territoire). Partout, ces roches étaient très altérées sur 10 à 20 m, lessivées et décolorées, transformées en pélites et argilites blanc verdâtre au-dessus de la roche fraîche.

Ces couches correspondent au « *Flysch de la Laize* », de même que celles qui ont été traversées dans les sondages de Ranville (1912 et R II ; fig. 1). En effet, les conclusions de Bigot sur les roches remontées à la surface par le sondage 1912 se sont trouvées confirmées par l'étude des carottes de Ranville II (1959). Les séquences élémentaires « grauwackes granoclassées — siltstones à laminations convolutées — schistes noirs azoïques » sont très caractéristiques du Flysch de la Laize (Briovérien supérieur) : en particulier le terme basal grauwackeux avec son mauvais classement des grains de quartz et de feldspaths, ses lithoclastes d'andésite, de phtanite et de quartz filonien, et son ciment chloriteux-sériciteux abondant dépassant en volume le tiers des composants (Doré, 1971). Au sein de ce panneau de Briovérien, le pendage n'est que de 45° dans cette écaille tectonique, encadrée par deux failles, et qui aurait crevé le cœur du synclinal de Ranville, séparant les puissants Grès feldspathiques cambriens du flanc sud (Longueval I, II, III ; Hérouvillette II ; Escoville I, ...) des Schistes intermédiaires ordoviciens du flanc nord (Ranville I). Un tel accident axial est connu dans d'autres synclinaux bas-normands.

Paléozoïque inférieur

Les formations du Cambrien, de l'Ordovicien et du Silurien qui constituent le synclinal de Ranville s'apparentent étroitement à celles des synclinaux du Sud de Caen et permettent de prolonger la paléogéographie paléozoïque vers le Nord en fonction des faciès et des lacunes dans la série paléozoïque (fig. 1 et 2).

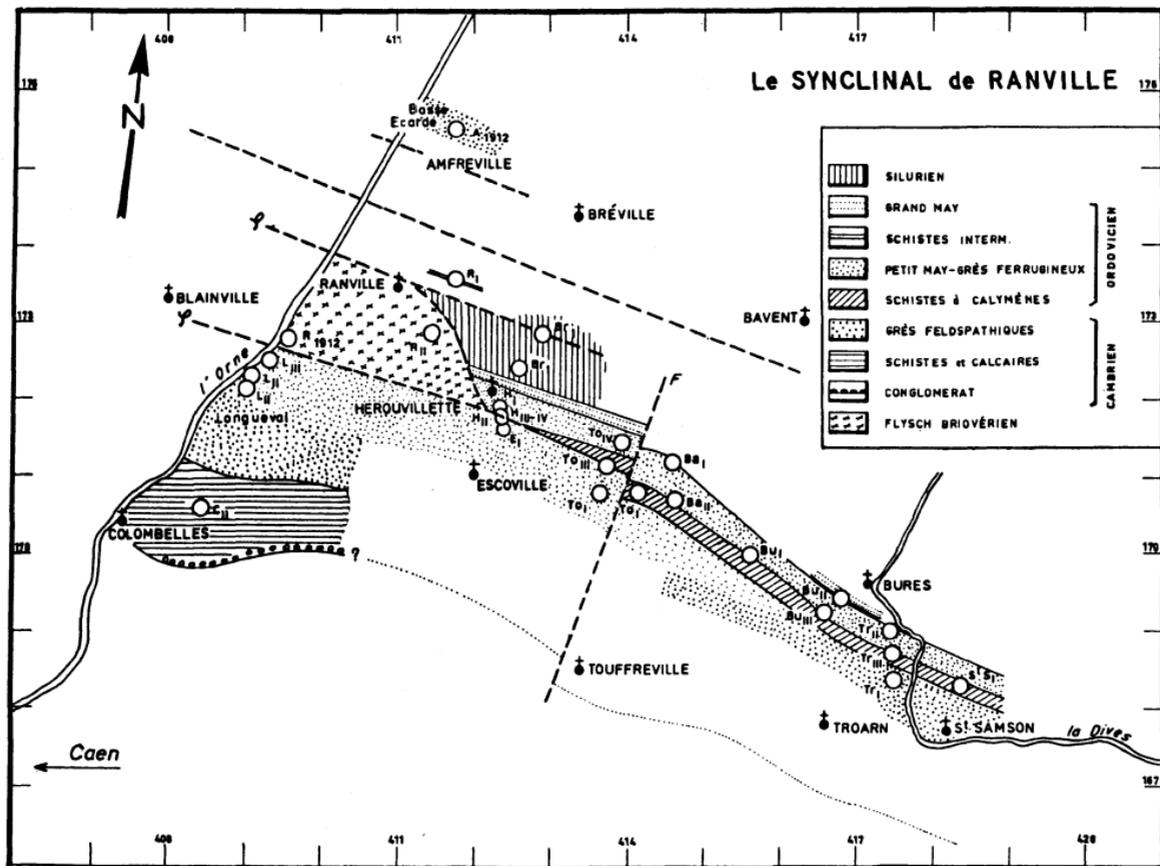


Fig. 1 - Esquisse de carte géologique du synclinal de Ranville, d'après les forages (Doré, 1971)

Cambrien

La nature des premiers dépôts cambriens n'est pas encore connue, car le contact avec les formations briovériennes érodées sous la discordance cado-mienne n'a pas été traversé jusqu'à présent par les sondages profonds.

Des « schistes verts et rouges », rencontrés sous Colombelles (1911) à l'aplomb du terrain de la Société métallurgique de Normandie, ont été très brièvement décrits par l'ingénieur Segaud (1912). Ils se placent immédiatement au-dessous d'une série de grès feldspathiques à grain fin recoupée par les sondages de Longueval (1911, 1914), compte tenu du pendage général dans le flanc sud du synclinal de Ranville. Sans toutefois qu'ils puissent être rapportés à un niveau précis, ils appartiennent, selon Doré (1971), au tiers inférieur du Cambrien régional.

Les « Grès feldspathiques » constituent une puissante formation, suivie par forages, de la basse-vallée de l'Orne à celle de la Dives. Des arkoses grossières sont bien représentées à l'Est (Saint-Samson I; Troarn I, III; Bures III) et connues aussi à l'Ouest (Blainville), où les faciès à grain fin dominant à Longueval, avec intercalations d'argilites à lits de silstones. Cependant, localement existent, comme dans le synclinal de May près de Laize-la-Ville, des récurrences grossières à leur partie supérieure (Escoville, Touffréville).

Les ressemblances avec la coupe du synclinal de May s'accroissent du fait que les formations cambriennes supérieures aux Grès feldspathiques et le Grès armoricain (Arénigien) manquent aussi, au moins dans cette partie occidentale explorée du synclinal de Ranville. Cette énorme « lacune normande » résulte du cumul des lacunes sédimentaires liées à trois phases épirogéniques successives (Doré, 1969). Les Grès feldspathiques ont émergé; ils ont subi une fracturation au cours de l'épirogenèse. Ces cassures ont favorisé l'altération continentale et le démantèlement de leur surface d'affleurement par l'érosion marine, avant leur recouvrement par les dépôts ordoviciens transgressifs.

Ordovicien

La succession ordovicienne est aussi très proche de celle du synclinal de May, à May-sur-Orne (Doré, 1971).

Le minerai de fer repose ainsi directement sur les Grès feldspathiques érodés et démantelés à l'Ouest, mais il en est séparé par les « Schistes du mur » à l'Est. Blocs et galets de grès cambriens forment un conglomérat discontinu, pouvant atteindre 1,75 m d'épaisseur (Touffréville I) au maximum et manquer ailleurs (Bures I). L'épaisseur de ce minerai s'accroît d'Ouest en Est : de 2 à 4 m entre Touffréville I et Bures I; les couches minéralisées se dédoublent à partir de Bures III et atteignent au total 8 m à Troarn III. A la base, existent des lamines stromatolithiques qui recouvrent les galets du conglomérat (Bavent I). Ce minerai de fer, oxydé à la base, chloriteux au sommet, est formé d'oolithes d'hématite et de chlorite, dans un ciment plus ou moins riche en sidérite. Les Schistes du mur s'intercalent à sa base à

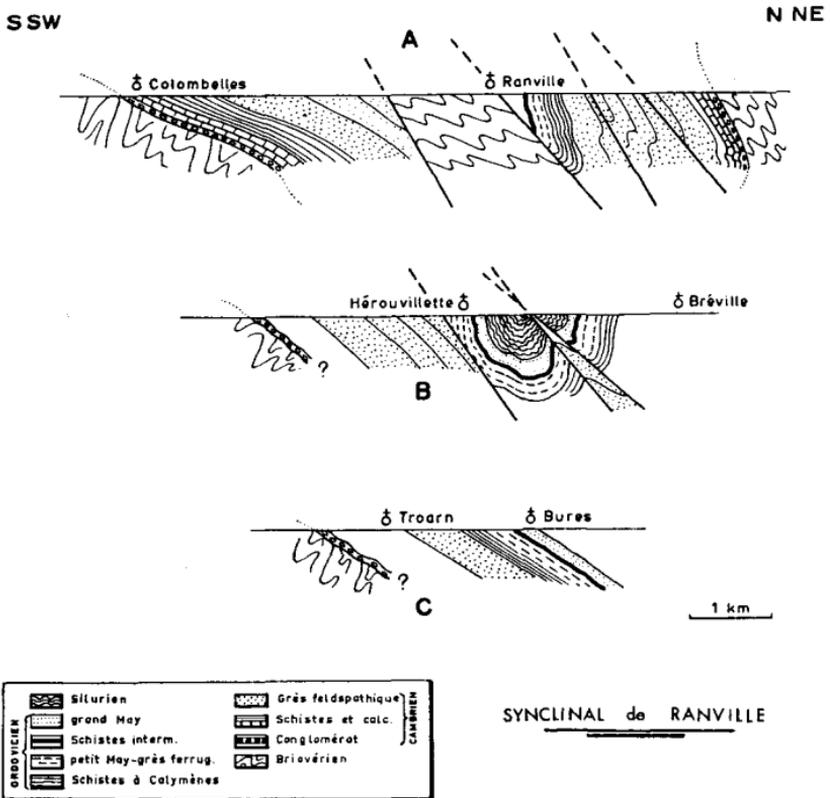


Fig. 2 - Le synclinal de Ranville, coupes transversales interprétatives (Doré, 1971)

partir de Bures III et s'épaississent rapidement vers l'Est pour atteindre 7 m à Saint-Samson I. Là ils contiennent, à 1 m de la surface d'érosion tronquant les Grès feldspathiques, le niveau-repère de poudingue à dragées phosphatées, épais de 10 cm et caractérisé par sa faune particulière de petites lingules ovales, d'ostracodes, de chitinozoaires et d'acritarches. Au-dessus du minerai, viennent les «Grès bioturbés du toit»: homogènes à l'Ouest (Touffréville IV : 15 m), ils se répartissent en trois membres à l'Est par intercalation de niveaux péliques, tout en se biseautant (Saint-Samson, I : 13 m).

Argilites et pélites contemporaines des «Schistes d'Urville» (ex-Schistes à Calymènes) s'accumulent au-dessus en une formation schisteuse atteignant 86 m à Barent I et 101 m à Bures III, augmentant d'épaisseur vers l'Est. Ces schistes contiennent *Didymograptus murchisoni* et *D. bifidus* (graptolites) sur toute leur hauteur : ils appartiennent tout entiers au Llanvirnien.

Comme dans le synclinal de May, vient ensuite une puissante série gréseuse. A la base, les «Grès ferrugineux» ne sont pas aussi bien distincts qu'à

May ; toutefois un niveau d'oolithes ferrugineuses marque là encore une récurrence des conditions favorables au dépôt de minerai de fer. A Bavent I, cette couche-repère se situe à 67 m au-dessus des Schistes d'Urville et à 161 m au-dessus de la couche principale de minerai de fer qui en marque la base. Les quartzites du « *Petit May* » (Llandeilien) qui les surmontent, sont séparés de ceux du « *Grand May* » (Caradocien) par des schistes noirs à ostracodes (Bures II) ou par ceux qui contiennent des restes de diplograptidés (*Amplexograptus perexcavatus* ?) à Ranville I, représentant les « *Schistes intermédiaires* », à *Marrolithus bureaui*.

Les Schistes supérieurs et les pélites à graviers et galets polyédriques de la Tillite de Feuguerolles n'ont pas été rencontrés dans les sondages jusqu'à présent.

Silurien

Seules, des pélites noires, ampéliteuses, à cassure fétide et à *Scyphocrinites* gr. *elegans*, ont été carottées au cœur du synclinal de Ranville, très tectonisé. Ici comme dans le synclinal d'Urville, les couches de cette formation silurienne indiquent la présence du Budnanien supérieur, dernier niveau paléozoïque conservé dans ces plis varisques du Calvados.

Filons de roches volcaniques

Dans le synclinal de Ranville, les sondages ont traversé trois sortes de filons recoupant les formations paléozoïques (Doré, 1971).

- Des **dolérites**. Deux filons se remarquent dans les couches ordoviciennes de Ranville I, respectivement à 180-182 m et 241 m de profondeur. Dans cette roche mésocrate à structure intersertale, se reconnaissent un labrador An 55 maclé albite-Carlsbad et de l'augite, accompagnés d'ilménite et d'apatite, de biotite et de divers minéraux d'altération : bastite épigénisant le pyroxène, chlorite sphérolithique et antigorite en grandes plages, leucoxène abondant soit en couronne autour de l'ilménite, soit dispersé dans les clivages des feldspaths ou des pyroxènes, calcite largement cristallisée. Cette roche rappelle par sa composition et sa gîtologie celle d'autres filons injectant le Cambrien et le Silurien dans le synclinal de May (Étavaux, Danneville) et le Silurien du Quesnay dans le synclinal d'Urville.

- Une **roche basique très altérée**. Recoupée deux fois dans le forage de Bréville I à 234 et 285 m, cette roche microlithique est complètement transformée en calcite, quartz calcédonieux et chlorite. De grands cristaux (pyroxènes ou péridots ?) sont épigénisés en bastite, tandis que les feldspaths sont silicifiés ou calcifiés. Cette roche se présente en amandes dans la mylonite traversée dans ce sondage.

- Un **lamprophyre**. Un seul filon de ce type, apparemment subvertical, a été observé dans le Grès de May du sondage Bures II, entre 162 et 166 m. Sa texture est trachytique avec microlithes groupés en gerbes serrées ; cette roche est riche en biotite et, par son feldspath dominant, se rattache aux lamprophyres sodiques.

Surface de la pénéplaine post-hercynienne

Après l'orogénèse varisque, le Massif armoricain émergé est soumis à une intense érosion continentale avant le retour de la mer au cours du Jurassique inférieur. La pénéplaine est alors caractérisée par des reliefs résiduels importants. A la suite d'une inversion des reliefs liée à l'érosion différentielle, les crêtes de grès-quartzites des synclinaux paléozoïques se trouvent mises en saillie à la surface de la pénéplaine par rapport à l'encaissant schisto-gréseux briovérien plus tendre. Il en est du synclinal de Ranville comme des autres synclinaux bas-normands. Ses crêtes de Grès de May (Ordovicien), et localement celles de Grès feldspathiques (Cambrien), s'alignent parallèlement à l'axe du pli, séparées par d'étroites dépressions creusées dans les argilites et pélites. Ces pointements rocheux offrent des dénivellations de 10 à 20 m maximum dans les secteurs les plus érodés du synclinal. Au cours du Trias supérieur, les paléocreux ont piégé des sables et galets fluviatiles. Puis, au cours de la transgression liasique, les crêtes ont joué le rôle d'écueils dans la mer pliënsbachienne.

La surface de cette pénéplaine s'enfonce aujourd'hui en pente douce vers l'ENE sous la couverture mésozoïque, mais elle se révèle très irrégulière à l'aplomb du synclinal de Ranville. Ainsi, à 45 m de profondeur à Caen (place Saint-Pierre), elle est déjà à 180 m à Merville près de l'embouchure de l'Orne et à 216 m à Dives, dans l'estuaire de la Dives. Sa pente générale de l'ordre de 8 ‰ entre Caen et Merville, varie par exemple moins entre Caen et Amfréville (5 ‰), qu'entre Colombelles et Amfréville (13 ‰).

Ces variations sont en rapport avec le relèvement du socle paléozoïque, à la latitude de Colombelles, au niveau du Cambrien.

Postérieurement au Jurassique, le rejeu des accidents axiaux et des décrochements du synclinal de Ranville ont déformé cette surface.

Trias supérieur

A l'aplomb de l'agglomération caennaise, les calcaires liasiques reposent directement sur la surface d'érosion tronquant les couches briovériennes profondément altérées. Mais l'existence de dépôts détritiques triasiques, au contact de la couverture mésozoïque sur le socle paléozoïque, a déjà été invoquée dans les forages de Merville et de Bavent (Bigot, 1950). Une nouvelle étude des couches rouges rapportées au Trias a montré qu'elles pouvaient mieux correspondre à l'épaisse zone d'altération de la pénéplaine post-hercynienne, d'autant plus que d'incontestables dépôts triasiques à faciès typés ont été décrits entre ces deux localités (Dangard et Rioult, 1959). En effet, localement, entre les crêtes gréseuses du synclinal de Ranville dominant la pénéplaine environnante, se rencontrent des placages de sables et galets à caractères fluviatiles, non cimentés, piégés, là comme ailleurs à l'Ouest et au Sud, sur les terres émergées armoricaines, avant le retour de la mer au Pliënsbachien.

Ces dépôts connus à Hérouvillette II, III, IV, mesurent 6,70 m d'épaisseur à Ranville I et 9,50 m à Ranville II.

Ces lentilles de galets, graviers et sables grossiers à fins, avec rares passées argileuses interstratifiées sont analogues à celles des « sables et galets d'Éroudeville » rencontrées dans les forages du Cotentin sous les marnes et calcaires de l'Hettangien inférieur. Cette formation azoïque est rapportée au Trias supérieur (Norien supérieur ou Rhétien).

Ses galets et graviers de grès et quartzites proviennent du Grès de May (78 à 85 %) et du Grès armoricain (13-19 %) ; les Grès feldspathiques cambriens, des schistes, des quartz de filon et un calcaire fournissent le reste. Les sables quartzeux comportent surtout des grains de quartz limpides, rosés à rougeâtres en partie ou opaques et des lithoclastes de grès, quartzites et silicifications.

La traversée en sondage de ces couches sableuses et caillouteuses meubles, gorgées d'eau, ébouleuses, présente des difficultés techniques nécessitant cimentations et tubages.

Jurassique inférieur

Les premiers dépôts marins jurassiques reposent en discordance angulaire soit sur les bancs redressés du Briovérien (à l'aplomb de l'agglomération caennaise), soit sur la tranche des formations paléozoïques du synclinal de Ranville, tantôt directement sur les crêtes de grès, tantôt, dans les dépressions, sur les sables et galets du Trias supérieur continental qui s'intercalent entre les deux.

Partout, ces couches jurassiques sont datées du Pliensbachien inférieur (Carixien) : la mer liasique a donc recouvert tardivement la surface irrégulièrement érodée de la pénéplaine post-hercynienne, à la faveur d'un vaste débordement du Bassin parisien sur la bordure orientale du Massif armoricain.

Pliensbachien

Le « Calcaire à bélemnites » se superpose directement à la tête altérée des bancs briovériens dans la région de Caen (Prairie, Venoix, Saint-Pierre, Cormelles-le-Royal). Par contre, sur le synclinal de Ranville, galets et sables remaniés des placages triasiques fluviatiles piégés entre les crêtes gréseuses sont mélangés aux premiers bancs calcaires du Pliensbachien marin. Dans une matrice calcaire, bioclastique et gréseuse, galets et graviers de roches dures paléozoïques (grès, quartzites, quartz) se mêlent à des fragments de croûtes ferrugineuses et de fossiles (huîtres, bélemnites) pour constituer un conglomérat de base discontinu, atteignant 0,6 à 0,9 m d'épaisseur à Ranville.

La partie inférieure de ce Calcaire à bélemnites (2 m) est formée de biomicrites à biosparites, riches en crinoïdes, contenant quelques galets de biomicrites phosphatées ou ferrugineuses, des graviers et gros grains de croûtes limonitiques, des lentilles de grès grossier quartzeux. Les fossiles sont peu nombreux dans les sondages. Dans le premier mètre se rencontrent divers

débris de céphalopodes (*Belemnites* p. sp., *Acanthopleuroceras*), des bivalves (*Pleuromya*) et gastropodes (*Pleurotomariidae*) appartenant à la zone à Ibx du Carixien moyen. Tandis qu'au sommet, dans un faciès analogue plus fin et moins ferrugineux, les bélemnites (*B. paxillosus*) sont fréquentes, au-dessous et avec les premiers *Amaltheus* du Domérien inférieur.

Le « *Banc de Roc* », plus massif (1,20 m), bioclastique, riche en bélemnites et gryphées de grande taille, rappelle le faciès régional caractéristique du Domérien supérieur (zone à *Spinatum*). A la base, *Belemnites bruguierianus*, *Chlamys textorius* et *C. priscus* sont les fossiles les plus communs ; tandis qu'à la partie supérieure est généralement présent (Ranville, Caen-Prairie) un horizon à brachiopodes (térébratules, zeilleries, rhynchonelles, spiriférides) visibles en sections sur les carottes et en fragments dans les cuttings.

Toarcien

Par comparaison avec les faciès d'écueils du synclinal de May, les petits bancs de calcaire micritique rosé à jaunâtre, avec oolithes ferrugineuses, qui se rencontrent à Ranville I, II, coiffant le Banc de Roc, appartiennent vraisemblablement à la base du Toarcien inférieur (zone à *Tenuicostatum*).

Les « *Argiles à poissons* », argilites brunâtres, plus ou moins feuilletées, avec nombreuses écailles de poissons (*Lepidotes*, *Leptolepis*) sont plus épaisses à l'écart des écueils (Caen-Prairie : 2 m) que sur les crêtes du synclinal (Ranville : 0,5-0,6 m). Ce niveau-repère imperméable joue partout un rôle hydrogéologique important. Il correspond à la zone à *Serpentinus*, sous-zone inférieure à *Strangewaysi*.

Au-dessus débutent les « *Calcaires à ammonites* », atteignant 7 à 8 m, loin du synclinal (Caen-Prairie), mais plus condensés sur les écueils (Ranville, 5 m). Une première alternance de marnes grises et de calcaires biomicritiques avec ammonites phosphatées contient les faunes de la partie supérieure de la zone à *Serpentinus* et de la zone à *Bifrons* ; une surface ravinée sépare cet ensemble d'une seconde alternance composée de marnes noires à *Chondrites* et de calcaires biomicritiques à oolithes ferrugineuses et ammonites à enduit ferrugineux des zones à *Variabilis* et à *Thouarsense*, de la base de celle à *Insigne* et de la zone à *Pseudoradiosa*.

Au sommet, les Marnes à ammonites sont érodées vigoureusement à leur partie supérieure, et pratiquement sur toute leur hauteur par endroits. Leurs débris et leurs fossiles sont remaniés à la base de l'Aalénien sus-jacent.

Jurassique moyen

Aalénien

Des ammonites phosphatées et les galets de Marnes à bélemnites, roulés et encroûtés, ferruginisés, sont remaniés dans l'« *Oolithe ferrugineuse aalénienne* » (0,6 à 0,8 m), mêlés aux fossiles propres à ce niveau, qui ont souvent conservé leur test ou présentent un remplissage spathique (zone à *Opali-*

num). Avec ses oolithes ferrugineuses très fines à nucléi phosphatés et sa faune, ce banc se distingue de l'Oolithe ferrugineuse de Bayeux et se termine par un arrêt de sédimentation.

Au-dessus débutent les couches marno-silteuses de la « *Malière* », biomicrite bioturbée, s'enrichissant vers le haut en grains de glauconie. A l'écart des écueils, la Malière atteint 4 à 6 m (Caen-Prairie), mais ne contient pas d'accidents siliceux dans les sondages étudiés. Par contre, sur les écueils du synclinal de Ranville, ces couches sont très condensées (Ranville : 1,30 m), avec des surfaces démantelées, des galets ferruginisés et encroûtés, des grains de goëthite et oolithes ferrugineuses, indiquant un ralentissement de la sédimentation à plusieurs reprises.

Bajocien

Le sommet de la Malière appartient déjà au Bajocien inférieur. Les derniers bancs très glauconieux apparaissent sous deux faciès : soit comme une marne silteuse, à débris phosphatés et grains glauconieux ; soit comme à Sainte-Honorine-des-Pertes (feuille Grandcamp-Maisy), à l'Ouest, avec toit de la Malière verdi, creusé de marmites d'érosion à fond et parois perforés, comblés par la « *Couche verte* », épaisse de 10 cm au maximum, conglomérat à galets de Malière, phosphatés et recouverts d'enduits glauconieux dans une matrice biomicritique glauconieuse.

Dans les deux cas, la faune récoltée en sondages (Caen-Prairie, Blainville, Ranville) indique les zones à *Laeviuscula* et *Sauzei*.

L'« *Oolithe ferrugineuse de Bayeux* » (1,20 m à Ranville) constitue un précieux niveau-repère et se rencontre sur toute l'étendue du territoire étudié. Ses subdivisions ont pu être distinguées localement. Sa couche « *a* » peut être représentée sous le faciès du Conglomérat de Bayeux (Ouistreham), sans stromatolithe, ou faire place (comme au Sud de Caen) à un calcaire biomicritique rempli de petites oolithes ferrugineuses brillantes, dont la taille croît vers le haut et contenant, à Ranville surtout, des bivalves (*Entolium*, *Chlamys*, huîtres), des gastropodes, des brachiopodes (*Sphaeroidothyris sphaeroidalis*) et des bélemnites (*Belemnopsis munteri*). Ces fossiles indiquant la zone à *Humphriesianum*.

Une discontinuité sédimentaire sépare ces couches basales des couches « *b-c* » (0,5 m), bioturbées, formées de grosses oolithes mates, mêlées par endroits d'oolithes phylliteuses, gris blanchâtre, avec nombreux fossiles : bélemnites (*Belemnopsis*), nautilus (*Cenoceras*), ammonites (*Strenoceras*, *Garantiana*, *Oppelia*), bivalves (*Entolium*, *Eopecten*, *Trigonia costata*), gastropodes (*Pleurotomariidae*), serpules, brachiopodes (*Aulacothyris*), cœlentérés (*Discozyathus eudesi*). Enfin, la couche supérieure « *d* » (0,25 à 0,30 m) est composée de calcaire biomicritique blanchâtre avec nids, poches ou tubulures remplies d'oolithes ferrugineuses mates et quelques oolithes phylliteuses blanchâtres, fortement cimentées à l'emplacement d'une bioturbation intense. Les fossiles sont plus dispersés dans cette couche, riche en bivalves, gastropodes et *Belemnopsis fusiformis*. Ces couches condensées appartiennent au Bajocien supérieur : « *b-c* » aux zones à Niortense et *Garantiana* ; « *d* » à la base de la zone à *Parkinsoni*.

Les carottes de sondage montrent à ces niveaux de fréquents stylolithes.

Le « *Calcaire à spongiaires* » (ex-« *Oolithe blanche* »), sous son faciès bioclastique grossier, boueux, en gros bancs métriques, reste caractéristique dans tous les sondages malgré deux aspects : soit préservé de l'altération, grisâtre à gris verdâtre ou noirâtre, à passées très dures à cristaux de pyrite et petites lentilles argileuses ; soit comme à l'affleurement, blanchâtre, oxydé et lessivé par la circulation des eaux de la nappe bajocienne. Cette formation varie de 10 à 12 m d'épaisseur et contient des grands spongiaires siliceux, accompagnés d'une faune de mollusques, brachiopodes bryozoaires encroûtants et oursins commensaux (*Stomechinus bigranularis*). Cette formation correspond à la partie supérieure de la zone à Parkinsoni (sous-zone à Bomfordi).

Sous les marais de Saint-Pierre-Oursin, des silex apparaissent dans ces calcaires (nodules et chevilles). A la traversée de Caen, la vallée de l'Orne entaille le Calcaire à spongiaires : sous la Prairie, des conduits karstiques traversent cette formation et sont plus ou moins comblés par des alluvions anciennes soutirées. D'autre part, en carottes de sondages, ces calcaires boueux présentent aussi de fréquents stylolithes et des diaclases.

Bathonien inférieur

Les couches bathoniennes basales condensées (« *Banc bleu* » des carriers) n'affleurent pas et les carrières avaient leur plancher systématiquement au-dessus de la nappe aquifère retenue par ces marnes et calcaires argileux imperméables. Elles ont cependant été traversées par plusieurs sondages dans la ville de Caen et à Ranville, Ouistreham, Saint-Pierre-Oursin ; dans cette dernière localité, la faune (ammonites, brachiopodes) indique une zone à Zigzag analogue à celle du Bessin, à l'Ouest. Ces couches argileuses, de teinte gris bleuté, n'y dépassent guère ensemble 7 à 8 m de puissance en moyenne à la base du Calcaire de Caen.

TERRAINS AFFLEURANTS

Formations mésozoïques

Jurassique

j2b. **Calcaire de Creully – Calcaire de Caen (Bathonien moyen). Calcaires bioclastiques, grossiers à fins, avec accidents siliceux, à stratification oblique, en bancs ou en grandes lentilles.** Épaisse de 45 à 50 m, cette formation affleure surtout au Sud-Ouest, dans les vallées de l'Orne et de ses affluents. Partout, elle repose sur un arrêt de sédimentation, avec indices d'érosion, qui tronque le toit du Calcaire à spongiaires (sommet du Bajocien supérieur). Elle se divise en trois membres : à la base, le Banc bleu, plus argileux et condensé (5 à 10 m), puis le Calcaire de Caen *sensu stricto* (20 à 25 m), biomicritique à grain fin et en gros bancs, et enfin, au sommet, le Calcaire de Creully (12 à 15 m), calcarénitique, à stratification oblique et silex.

● Le **Banc bleu** (des anciens carriers) représente dans la Campagne de Caen, le biseau latéral des couches de passage et de la base des Marnes de

Port-en-Bessin développées à l'WNW. Ces couches n'affleurent pas dans le secteur de l'agglomération caennaise représenté sur la feuille, mais les sondages montrent qu'elles constituent, sous la partie basse de la ville, le plancher imperméable de la vallée de l'Orne et des Odons, supportant les alluvions grossières quaternaires et leur nappe aquifère. D'ordinaire, les trois premières alternances marno-calcaires (< 0,6 m) correspondent aux trois sous-zones basales du Bathonien inférieur, mais ces séquences condensées sont moins fossilifères que dans le Bessin et la faune du sommet de la zone à Zigzag n'est pas distincte dans cette région. Progressivement, de la base au sommet du Banc bleu, la teneur en CaCO₃ croît de 30 à 80 % tandis que la teneur en kaolinite décroît dans le même sens, les smectites dominant l'illite. Ces couches basales contiennent de la glauconie, des grains phosphatés et de la pyrite. La macrofaune est représentée par des mollusques (moules internes de bivalves, gastropodes, céphalopodes (*Belemnopsis fusiformis*, *Parkinsonia pachypleura*, *Gonolkites convergens*, *Morphoceras macrescens*, *Procerites*, *Oxycerites*) et quelques brachiopodes.

● Le passage au **Calcaire de Caen** *s.str.* se fait progressivement. De gros bancs (1 à 2 m) se biseautant sur 20 à 100 m dans les fronts de taille, donc lenticulaires à grande échelle, caractérisent cette pierre de taille, à grain fin, blanchâtre, tachant les doigts, gélive. Ses bioclastes, micritisés à leur périphérie, montrent des contours assez flous, indiquant une macération. Aux fins débris de mollusques et d'échinodermes, s'ajoutent des spicules d'éponges siliceuses calcitisés et un assemblage de petits foraminifères (*Lenticulina*, *Spirillina*, *Valvulina*, *Ophthalmidium*) associés aux fonds à spongiaires. La macrofaune comporte des mollusques : bivalves (*Gervillia pernoides* à valves en connexion ouvertes ou fermées, *Stegoconcha ampla*, petites huîtres), gastropodes (moules internes de *Pleurotomariidae*), céphalopodes, dont bélemnites (*B. fusiformis*), nautilus (*Procymatoceras subtruncatus*) et ammonites telles les grands *Procerites* (*Gracilisphinctes mirabilis* et *P. (G.) progracilis*, *Paræcotraustes formosus*, *Oxycerites oxus* (zone à *Progracilis*); les brachiopodes se rencontrent localement (*Rugitela cadomensis*, *Acanthothyris*), ainsi que des crustacés (*Glyphaea magnevillei*). Mais le Calcaire de Caen est surtout célèbre par les restes de vertébrés de son « banc royal » étudiés par Cuvier, Geoffroy Saint-Hilaire et Eudes-Deslongchamps : crocodiliens (*Teleosaurus cadomensis*, *T. megistorhynchus*, *Teleidosaurus calvadosi*, *Metryorhynchus*, *Steneosaurus*), dinosauriens (*Pækilopleuron bucklandi*), sauroptérygiens, ichthyosauriens et poissons (*Hybodus*, *Strophodus-Asteracanthus*, *Pristacanthus*, *Leptacanthus*, *Ischyodon tessonii*, « *Pycnodon* » *bucklandi*, *Gyrodus*, *Lepidotes*, *Tetragonolepis*, *Dapedius*). Des empreintes végétales sont également fréquentes : branches écrasées, rameaux de *Brachyphyllum desnoyersi*. Cette faune et cette flore caractérisent le Bathonien moyen (zone à *Progracilis*).

A la partie supérieure de ce membre moyen apparaissent des « chevilles », accidents siliceux subcylindriques à coniques, à section elliptique de 2 à 3 cm de diamètre, à cœur souvent plus évolué diagénétiquement que le manchon périphérique, disposés perpendiculairement à obliquement par rapport à la stratification et traversant fréquemment deux à plusieurs bancs. Des nodules siliceux, isolés ou alignés, se différencient au-dessus, dans les interbancs ou au sein des bancs, annonçant les cordons de silex biscornus

du membre supérieur. D'autre part, des concrétions de quartzine à cavités géométriques correspondant à des pseudomorphoses de sulfates (barytine ou célestite) sont signalées au voisinage des grandes ammonites du gros banc.

Dans ce membre moyen, la teneur en CaCO_3 dépasse 90 %. La phase insoluble renferme un cortège de minéraux argileux dominé par les smectites ; l'illite est subordonnée et la kaolinite à l'état de traces. Des stratifications obliques sont décelées au sommet. Des galets de quartzites ordoviciens, des gros grains de quartz et de feldspath sont apportés vraisemblablement avec les bois et crocodiliens flottés.

● Le passage au membre supérieur est insensible. Sous le nom de **Calcaire de Creully**, sont regroupés les bancs supérieurs de la formation, à grain moyen croissant vers le haut, à stratification oblique et accidents siliceux ; ils se terminent par un arrêt de sédimentation. Ces couches, résistantes à l'érosion, constituent les rebords du plateau sur les deux rives de l'Orne, à la traversée de l'agglomération et en particulier celui de l'éperon de Darnétal supportant le château en avant de l'université de Caen.

Ce calcaire bioclastique beige jaunâtre à rosé, à stratification bien marquée sur les fronts de taille, soulignée par les passées argileuses, les lits grossiers ou la diagenèse, contient des bancs ou des cordons de silex gris-blanc à noir, parallèles à la stratification. Ces stratifications obliques dessinent des faisceaux d'extension horizontale pluridécamétrique, des mégarides ou des remplissages de chenaux. Dans la région de Caen, les paléocourants à l'origine de ces stratifications avaient une résultante portant les sables vers le N 40. La teneur en carbonate de calcium oscille encore autour de 90 %. Les débris roulés d'échinodermes, brachiopodes, mollusques, bryozoaires, assez bien classés, sont cimentés par de la micrite ou de la sparite. Des oolithes calcaires apparaissent à la partie sommitale, au-dessous de la surface durcie terminale. Les minéraux argileux ne varient guère : les smectites dominent et l'illite devient accessoire.

La macrofaune est beaucoup plus rare dans ces dépôts de haute énergie, plus fragmentée. Quelques mollusques, dont des céphalopodes (*B. fusiformis*, *P. pro gracilis*, *Oppeliinae* rares) des bivalves (*Chlamys*, *Stegoconcha*), des bryozoaires et quelques ossements roulés de reptiles.

L'ensemble de la formation représente une séquence de dépôts, débutant avec le débordement rapide des terrigènes du Sillon marneux périarmoricain sur le secteur septentrional du massif ancien, avec sédimentation condensée glauconieuse et phosphatée à la base (Banc bleu). Puis la progradation des dépôts carbonatés sur la plate-forme est rapide vers le Nord et le Nord-Est, favorisée par la présence des écueils paléozoïques supportant une faune abondante, variée et fournissant d'abondants bioclastes. Vers le Nord, les sables fins boueux du Calcaire de Caen se raccordent assez brusquement aux vases du Sillon, tandis qu'au Sud, ces carbonates sont largement étalés jusqu'au fond du golfe d'Écouché (Orne). Le comblement de la plate-forme interne conduit rapidement à une élévation de l'énergie des courants de marée et des houles sous une tranche d'eau plus mince. Les

sables bioclastiques sont toujours produits sur la partie distale de la plateforme et répartis par les courants venant du Sud.

j2b. **Calcaire de Blainville (Bathonien moyen). Calcaires bioclastiques, oolithiques, à polypiers et stromatopores, avec stratification oblique ou planaire.** Le Calcaire de Blainville (ou de Colombelles), épais de 8 à 12 m, repose sur la surface durcie qui termine le Calcaire de Creully par l'intermédiaire d'un niveau-repère basal, fossilifère : la **Caillasse de Fontaine-Henry**. Cette caillasse se biseaute du NW au SE dans la Campagne de Caen. Épaisse de 6 à 7 m dans sa localité-type (feuille Bayeux), elle débute par des calcaires bioclastiques graveleux, à matrice boueuse et à oolithes calcaires, rappelant les derniers bancs du Calcaire de Creully et surmontés de couches plus marneuses et plus tendres. Dans l'agglomération caennaise, cette caillasse est réduite à 2 m à la Maladrerie, à l'Ouest, et à 1 m à Vaucelles, au Sud de la ville, sous le faciès dominant du calcaire inférieur. La teneur en CaCO_3 dépasse 80 %. La phase insoluble est formée de smectites, toujours accompagnées d'illite. La stratification planaire y est plus régulière que dans le Calcaire de Creully sous-jacent, mais le contraste reste faible. La macrofaune est essentiellement composée autour de Caen par des ammonites de petite taille (nuclei d'*Oppeliinae* : *Oxycerites*, *Paræcotraustes* ; *Zigzagiceratinae* ; *Procerites*, *Siemiradzka*), des bivalves, gastropodes, bryozoaires, rares échinodermes et brachiopodes fréquents (petits *Wattonithyris circumdata*, *Eudesia cardium*, *Dictyothyris michaelensis*, *Rugitela* sp., *Kallirhynchia moutieri*). Cette faune appartient à la partie supérieure de la sous-zone à Morrissi, de la zone à *Subcontractus* et du Bathonien moyen.

Progressivement, ces calcaires passent vers le haut à des calcarénites assez grossières, blanchâtres à l'affleurement, grisâtres en sondage, graveleuses, à passées de coquinites ou de lumachelles. Ces calcaires comportent, surtout à la partie inférieure, des lentilles oolithiques. La stratification oblique en grandes rides surbaissées de 0,4 à 1 m de hauteur pour un décamètre au plus de longueur, montre des faisceaux décimétriques à métriques, dont le plongement indique une résultante des paléocourants portant vers N 60 ; les chenaux sont rares. Ce faciès oobioclastique préfigure le Calcaire de Langrune qui dominera à la fin du Bathonien en Normandie. Par endroits, ces calcaires sont peu cimentés et peuvent même faire place à des sables calcaires meubles. Par ailleurs, la silicification, rencontrée dans les calcaires sous-jacents, peut monter dans la formation jusqu'au sommet des couches oolithiques et y donner lentilles au cordon de nodules de silex (Lebisey, Hérouville).

A la partie supérieure, apparaissent de petites constructions récifales de type coral-patches ou des accumulations de polypiers, stromatopores, densément perforés par des bivalves lithodomes et accompagnés de commensaux et d'épibiontes (Blainville, Colombelles, Ifs). Noter que les organismes constructeurs apparaissent plus tardivement autour de Caen qu'à Revières ou Creully au Nord-Ouest (feuille Bayeux) où les récifs d'éponges précèdent les colonies de sclérectiniaires dans la Caillasse de Fontaine-Henry. Plusieurs surfaces durcies et perforées, fortement pentées, se recoupent et se raccordent à la surface d'érosion « Blainville » qui tronque à l'horizontale le sommet de la formation et s'étend sur toute la région. La coupe-type est

encore accessible dans sa partie supérieure, en bordure de la route N 814, au niveau des anciennes carrières de Blainville.

Aux polypiers massifs (*Isastrea limitata*, *Thamnasteria*, etc.) s'ajoutent des bryozoaires, éponges, bivalves (*Trichites*, *Plagiostoma*, *Lopha*, *Chlamys*), crinoïdes, oursins et crustacés ; les brachiopodes y sont rares. Cette macrofaune prolonge celle de la Caillasse de Fontaine-Henry et appartient aussi au sommet du Bathonien moyen, de la zone à *Subcontractus* et de la sous-zone à *Morrisi*.

Avec son niveau-repère basal, cette formation correspond à un épisode particulier de l'histoire de la plate-forme carbonatée nord-est armoricaine au Bathonien. Après l'arrêt des dépôts interrompant le Calcaire de Creully, les influences marines du large se traduisent par l'irruption des céphalopodes dans la Caillasse de Fontaine-Henry ; elle précède une dérive de la sédimentation des sables à haute énergie hydrodynamique vers des milieux récifaux, traduisant une diminution de la tranche d'eau et une tendance vers l'émer-sion. Le faible contraste lithologique entre la caillasse et le calcaire sous-jacent indique bien que la brève incursion franchement marine intervient seulement comme pause éphémère dans l'évolution naturelle de la grande séquence débutant avec le Banc bleu (au début du Bathonien inférieur) pour se terminer au sommet de ce Calcaire de Blainville (à la fin du Bathonien moyen) avec cette surface « Blainville ». Cette mosaïque de faciès calcaires coquilliers, oolithiques et construits caractérise la bordure distale de la plate-forme interne.

j2d. **Caillasse de Blainville (Bathonien supérieur). Marnes et calcaires bioclastiques ou à pisolithes ferrugineux, bioturbés.** La Caillasse de Blainville (ou du Maresquet) recouvre partout la surface d'érosion « Blainville » et, sur 2 à 3 m d'épaisseur, représente un bon niveau-repère à la base du Calcaire de Ranville. Elle est constituée d'une alternance marno-calcaire, très bioturbée et fossilifère, avec par endroits des granules limonitiques à la partie inférieure. Elle se divise localement en deux petites séquences avec deux niveaux riches en fossiles. La teneur en CaCO_3 varie de 40 à 90 %. La phase argileuse contient, à côté de l'illite et des smectites, de la kaolinite qui réapparaît. La macrofaune est surtout caractérisée par ses brachiopodes (*Wattonithyris circumdata* atteignant une grande taille, *Dictyothyris coarctata*, *Digonella*, *Kallirhynchia*) ses mollusques : bivalves fréquents (lumachelle de *Gervillella*, *Trichites*, *Plagiostoma*, *Ctenostreon*, *Chlamys*, trigonies, *Homomya*, *Pholadomya*, *Pleuromya*, *Eligmus polytypus*), rares gastropodes (*Pleurotomariidae*) et ammonites (*Oxycerites*, *Paræcotraustes waageni*, *Wagnericeras*), petites colonies d'éponges calcaires, de bryozoaires et oursins (Cidaridés)... Cette faune appartient à la base du Bathonien supérieur.

j2e. **Calcaire de Ranville. Calcaires bioclastiques à crinoïdes et bryozoaires et à stratification oblique.** Cette alternance marno-calcaire passe au Calcaire de Ranville qui affleure bien sur la rive droite de la basse-vallée de l'Orne, de part et d'autre de la localité-type. La formation du Calcaire de Ranville est composée de calcaires biomicritiques à biosparitiques, ocrés à brunâtres, parfois rosés à violacés, riches en débris d'échinodermes, bryozoaires, mollusques et brachiopodes, avec pellesoïdes ferruginisés et ooli-

thes calcaires dispersés. La stratification oblique planaire y apparaît sous forme de grands faisceaux justaposés, épais de 0,3 à 1 m en moyenne : le plongement des feuillettes indique une migration des sédiments vers le N 120 et les axes de chenaux confirment cette dérive vers le Sud-Est. L'ensemble de la formation est épais de 10 à 12 mètres.

Plusieurs surfaces durcies et perforées la subdivisent (Ranville, Amfréville...) et une grande discontinuité d'extension régionale, la surface « Ranville » termine cette formation : elle montre des indices d'érosion et porte des perforations, ainsi que des encroûtements de bivalves (*Liostrea*, *Atreta*). Plusieurs petites surfaces durcies mineures convergent sur elle.

Généralement, la macrofaune y est mal conservée, usée, brisée dans ce faciès à énergie élevée, sauf dans certaines passées grossières à la base des bancs ou dans la frange lessivée bordant les cheminées karstiques : brachiopodes (*Wattonithyris*, *Eudesia*, *Dictyothyris*, *Avonothyris*, *Flabellothyris*, *Digonella*, *Kallirhynchia*), oursins (*Nucleolites clunicularis*, *Acrosalenia spinosa*), colonies de bryozoaires, moules internes de bivalves fouisseurs et surtout, coloniales et calices de crinoïdes (*Apiocrinites elegans*) au sommet.

La Caillasse de Blainville enregistre un court épisode d'ouverture des fonds marins normands aux eaux du large et une modification importante des conditions de sédimentation. Dans cette étape de l'évolution de la plate-forme carbonatée bathonienne, la réapparition de la kaolinite dans le cortège des minéraux argileux est une réponse aux réajustements épirogéniques qui ont affecté le Massif armoricain à la fin du Bathonien moyen. L'accumulation des sables bioclastiques formant le Calcaire de Ranville se fait en partie par resédimentation de matériaux meubles sous une tranche d'eau qui se réduisait. Le début de nivellement de la plate-forme, reflété par l'extension de la surface « Ranville », précède une nouvelle pulsation transgressive sur le massif ancien.

j2f. **Caillasses de la Basse-Écarde (Bathonien supérieur). Marnes, calcaires biomicritiques et bioclastiques bioturbés, lentilles de calcaires récifaux à éponges, de calcaires oncolithiques ou de calcaires à pellicules ferrugineux.** Pour des raisons pratiques, ce terme a été proposé (Fily, 1974) pour regrouper toutes les couches comprises entre la surface « Ranville » et la base du Calcaire de Langrune. Cet ensemble lithologique pluriséquentiel réunit en effet des petits niveaux-repères limités par des surfaces d'érosion assez rapprochées et assez variables latéralement dans leur composition, leur succession et leur épaisseur. Atteignant 6 m d'épaisseur, ces Caillasses de la Basse-Écarde sont particulièrement bien représentées sur la rive droite de la basse-vallée de l'Orne, entre Ranville et Amfréville et sur la côte de Saint-Aubin à Luc-sur-Mer. Ce sont de bas en haut :

● La **Caillasse à céphalopodes de Ranville** : à la base, lenticulaire et discontinue, cette petite unité est généralement formée de deux couches délimitées par des surfaces d'érosion et forme une première séquence qui comble les irrégularités de la surface « Ranville », des petites cuvettes décimétriques (Saint-Aubin) jusqu'aux grandes dépressions décamétriques à

pluridécamétriques entre les mégarides au toit du Calcaire de Ranville (Longueval, Ranville, Amfréville).

La couche inférieure, la plus épaisse (0,9 m), est une biomicrite à bioclastes d'échinodermes, bryozoaires et mollusques, avec granules ferrugineux, dans une matrice boueuse. Elle contient de nombreux fossiles : des bivalves (*Liostrongya wiltoneusis*, *Pernostrea luciensis*, *Plagiostoma*, *Chlamys*), des polyptères solitaires (*Chomatoseris orbulites*, *Montlivaltia caryophyllata*), des restes de crinoïdes (*Aprocrinites elegans*), d'oursins (*Holactypus depressus*, *Stomechinus polyporus*), des éponges calcaires, bryozoaires, brachiopodes (*Wattonithyris*, *Eudesia*, *Flabellithyris flabellum*, *Dictyothyris coarctata*, *Rugitella ranvilliana*, *Kallirhynchia obsoleta*, *K. bradfordiana*). A 10-20 cm sous la surface d'érosion qui tronque cette couche se rencontrent divers céphalopodes encroûtés sur leurs deux flancs : *Belemnopsis fusiformis*, nautilus, ammonites (*Oxycerites oppeli*, *Paræcostraustes waageni*, *Eochetoceras biflexuosum*, *Wagnericeras (W.) wagneri*, *W. (Suspensites) arbustigerum...*). Dans la surface terminale se rencontrent les premiers *Clydoniceras hollandi*.

Quant à la couche supérieure (0,2 m), sous le même faciès, elle contient quelques *Oppelinae* et *Zigzagiceratinae* accompagnant *Clydoniceras hollandi*. Une surface durcie et perforée recoupe cette seconde couche au même niveau que le sommet des ondulations de la surface « Ranville ».

La couche inférieure appartient à la zone à Orbis et la seconde à celle à Discus, sous-zone à Hollandi.

● La **Caillasse à *Goniorhynchia boueti*** (rhynchonelle caractéristique) et la Pierre de taille supérieure de Ranville constituent une seconde unité lithostratigraphique en position médiane dans ces caillasses, pouvant atteindre 3 m d'épaisseur par endroits, mais variant beaucoup latéralement d'une localité à l'autre.

A Ranville, au-dessus de la surface d'érosion qui tronque horizontalement la Caillasse à céphalopodes de Ranville et retaille les rides de la surface « Ranville », le premier banc est un calcaire bioclastique marneux (0,3 m) jaunâtre à bleuâtre, riche en fossiles : éponges calcaires, bryozoaires, brachiopodes (premières *G. boueti* rares, *Avonothyris*, *Digonella*, *Kallirhynchia*) et mollusques (gastropodes, rares ammonites comme *Clydoniceras hollandi*). Ce banc est terminé par une surface durcie et rubéfiée, qui supporte une couche marneuse (0 à 1,5 m) fossilifère : aux espèces du banc sous-jacent s'ajoutent quelques bivalves (*Chlamys vagans*, *Lopha costata*), des oursins et surtout des brachiopodes, avec *G. boueti* fréquente. A sa partie supérieure, cette marne se charge de petits lits de calcaire bioclastique et se termine par un petit banc plus dur, de calcaire bioclastique, ondulé à son sommet de rides orientées NE-SW (amplitude : 5 cm ; longueur d'onde : 80 cm). Sur cet arrêt de sédimentation reposent des marnes passant à une alternance marno-calcaire, remplie de brachiopodes écrasés, débris d'échinodermes et à stratification oblique dont les feuilletts plongent au Nord-Est ; cette alternance se fond dans un calcaire graveleux roussâtre, à bioclastes d'échinodermes, bryozoaires, brachiopodes et mollusques, à stratification oblique et entrecroisée. La surface durcie qui termine cette Pierre de taille

supérieure de Ranville est perforée et encroûtée d'huîtres ; très irrégulière, elle présente des dénivellations dépassant le mètre.

A Saint-Aubin-sur-Mer (limite est feuille Courseulles), la succession est différente. Aux deux premières séquences de Ranville correspondent l'alternance marno-calcaire à *G. boueti* et les couches infrarécifales de Saint-Aubin, tandis que la séquence supérieure de Ranville fait le pendant au complexe récifal et suprarécifal de Saint-Aubin. En effet, de Bernières à Luc-sur-Mer et à Douvres-la-Délivrande, des colonies d'éponges siliceuses ont construit des petits récifs entre des mégarides sableuses, isolés à la base, plus ou moins coalescents au sommet et alternant latéralement avec des dunes sous-marines. Les éponges (*Platychnia magna*) supportent divers épibiontes (éponges, bivalves, bryozoaires, annélides, brachiopodes) et sont densément perforées (vers, bivalves). Leur squelette est calcifié et localement encroûté de lamines carbonatées à cyanobactéries. Ces récifs ont prospéré sur les fonds, abritant une foule de commensaux (bivalves, oursins) et de véritables « nurseries » d'invertébrés benthiques. A l'optimum de leur croissance, les récifs ont été ensevelis et asphyxiés par l'étalement de véritables faluns à bryozoaires (les falaises et la plage du cap Romain, entre Saint-Aubin et Bernières sont protégées dans une réserve naturelle). A Luc-sur-Mer, à l'Est de la Brèche du Petit-Enfer, affleure sur la plage un microatoll construit par les mêmes éponges, visible sur une centaine de mètres, allongé presque Nord-Est et limité à son sommet par une surface d'érosion, perforée et encroûtée de bivalves (*Liostrrea*, *Atreta*). Ces différentes couches appartiennent à la sous-zone à Hollandi.

● Les **Marnes blondes** (Marnes à brachiopodes ou Marnes à *Digonella digona*) représentent le terme argileux basal se raccordant au Calcaire de Langrune sus-jacent pour former la dernière séquence carbonatée du Bathonien supérieur.

A Ranville, au-dessus de la discontinuité sédimentaire recoupant le toit de la Pierre de taille supérieure de Ranville, se rencontrent des marnes fossilifères qui s'enrichissent en fines oolithes calcaires, en bioclastes et fossiles roulés et encroûtés avant de passer aux premiers bancs du Calcaire de Langrune. La faune de ces marnes est dominée par les brachiopodes (*Avonothyris langtonensis*, *Eudesia multicostata*, *Flabellothyris flabellum*, *Digonella digona*, *Kallirhynchia obsoleta*...), avec quelques bivalves (*Chlamys vagans*, *Sphaeriola madridi*, *Oxytoma costatum*), des oursins (*Acrosalenia spinosa*), mais de très rares ammonites (*C. hollandi*).

De Bernières à Langrune, ce niveau marneux correspond aux marnes suprarécifales à oursins (*Plegiocidarinae*, *Hemicidarid luciensis*, *Acrosalenia*, *Stomechinus*, *Polycyphus*, *Pygaster*, *Holectypus*) et rares *C. hollandi*. A Luc-sur-Mer, au-dessus de la surface d'érosion qui limite les récifs, les marnes à nombreux brachiopodes, contiennent aussi des oncolithes formés autour de valves de *Chlamys*, *Sphaeriola*, etc. Ces accumulations de coquilles encroûtées présentent des variations d'épaisseur de 10 à 100 cm, en nivelant les reliefs d'érosion.

Ces Marnes blondes, sous leurs différents faciès, se rattachent encore à la sous-zone à Hollandi.

j2g. **Calcaire de Langrune (Bathonien supérieur). Calcaire bioclastique et oolithique à stratification oblique.** Cette calcarénite est grossière, blanchâtre à l'affleurement, épaisse de 8 à 10 m, avec bioclastes bien conservés et oolithes calcaires dispersées, à stratification oblique. Elle débute au-dessus des Marnes blondes (au sommet des Caillasses de la Basse-Écarde), et se termine par une surface durcie et perforée de grande extension latérale, recouverte par les Argiles de Lion-sur-Mer. Elle forme l'essentiel de la falaise littorale entre Langrune et Lion-sur-Mer, ainsi que le sommet des carrières ouvertes à Ranville, Amfreville et Hérouvillette : elle constitue aussi l'essentiel des rochers littoraux de Luc et de Lion-sur-Mer.

Cette biosparite oolithique, à texture de grainstone, parfois packstone, contient jusqu'à 90 % de CaCO_3 . Les bioclastes sont souvent à peine roulés, mais généralement bien triés. Elle contient des lentilles de coquilles presque entières, de petite taille : petits gastropodes dont certains avec traces de coloration, jeunes coquilles de bivalves et de brachiopodes, mini-colonies d'éponges, de polypiers ou de bryozoaires, correspondant à une faune d'herbier ou d'algueraie. Par contre, les coquilles adultes sont généralement désarticulées, abondantes dans les pavages coquilliers à la base des faisceaux progradants (toe-sets). La stratification oblique prend souvent une allure entrecroisée : les biseaux sont courts et changeants. L'épaisseur des faisceaux varie de 5 à 30 cm ; les rares chenaux correspondent à des gouttières d'érosion de 1 à 3 m de large sur 0,5 m de profondeur. La résultante des directions de plongement des feuilletts indique des courants portant vers le Sud : ce que d'Orbigny signalait dès 1852.

La macrofaune est richement diversifiée : éponges calcaires (*Eudea*, *Corynella*, *Limnorea*), polypiers divers, gastropodes (nombreux patelliformes : *Symmetrocapsulus tessoni*, *Scurriopsis nitida*, *Marbodea clypeolata*, *Deslongchampsia appendiculata* ; et *Cylindrites*, *Neridomus*, *Nerinella*, *Bactroptyxis*, *Aphanoptyxis*, *Solarium*, *Trochotoma*, *Ditremaria* ; plaques de *Chiton*), des bivalves (*Oxytoma costatum*, *Lopha costata*, *Chlamys vagans*, *Brachidontes asper*, *Trigonia pullus*, *Vaugonia*), très rares céphalopodes (nuclei de *Clydoniceras*), des brachiopodes (*Avonothyris*, *Eudesia*, *Flabellothyris flabellum*, *Dictyothyris coarctata*, *Disculina hemisphaerica*, *Digonella digona*, *Kallirhynchia obsoleta*), des articles de crinoïdes, d'étoiles de mer et des petits oursins (*Cidaridae*, *Acrosalenia*, *Trochotiara*, *Diplopodia*, *Stomechinus*, *Polycyphus*, *Nucleolites*, *Holectypus*), des pinces de crustacés (*Paleopagurus*, *Goniochirus*). Cette faune, accompagnée de petits foraminifères et ostracodes appartient au Bathonien supérieur et au sommet de la sous-zone à Hollandi (zone à Discus).

Entre Luc et Lion-sur-Mer, des lentilles à échinodermes ont livré à plusieurs reprises, à la partie inférieure de la formation, des plaques couvertes de crinoïdes pédonculés complets (*Isocrinus nicoleti*) dont les tiges, calice, bras, pinnules et cirres étaient encore en connexion ou presque, des comatules (« *Antedon* » *schlumbergeri*), ainsi que divers oursins entourés de leurs radioles et contenant leur appareil masticateur en place (*Acrosalenia hemiciदारoides*, *A. pustulosa*, *Hemicidaris luciensis luciensis* et *H. luciensis langrunensis*, caractéristiques).

La surface terminale ou surface « Lion-sur-Mer », irrégulièrement érodée, est une discontinuité de sédimentation majeure, qui marque la fin du régime carbonaté bathonien sur la plate-forme nord-est-armoricaine.

Vers l'Est, la formation se charge en granules et oolithes de limonite (de Sannerville à Bures-Troarn), vraisemblablement à l'aplomb de petits hauts-fonds.

Cette formation bioclastique et oolithique, dernier dépôt calcaire du Bathonien supérieur, s'est mis en place à faible profondeur et sous forte énergie de paléocourants dirigés vers le Sud, sur la partie proximale de la plate-forme carbonatée interne.

j2h. **Argiles de Lion-sur-Mer (Bathonien terminal). Argiles, marnes à petits bancs calcaires biomicritiques.** Cette alternance marno-calcaire (2 à 4 m au maximum), terminée par une surface durcie à large réseau polygonal de pistes-galeries (*Thalassinoides*) de crustacés, recouvre la surface d'érosion « Lion-sur-Mer », au toit du Calcaire de Langrune ; elle est elle-même recouverte par la base des Marnes d'Escoville du Callovien inférieur.

Les couches basales, à dominante argileuse, sont visibles au sommet de la falaise littorale entre Luc et Lion-sur-Mer, où elles étaient autrefois exploitées. Elles forment un niveau imperméable sous une partie du marais de Colleville-Montgomery et se retrouvent de part et d'autre de l'estuaire de l'Orne (Sud Ouistreham, roche de Sallenelles, coteaux d'Amfréville, Bréville, Hérouvillette, Bavent et fond de la carrière d'Escoville).

Les marnes alternent avec des bancs de calcaires biomicritiques, plus ou moins noduleux, localement lumachelliques, épais de 10 à 25 cm et fortement bioturbés. La teneur en CaCO_3 y tombe au-dessous de 50%. Le cortège de minéraux argileux est dominé par l'illite, accompagnée de kaolinite et d'interstratifiés de type (10-14 S).

Stratigraphiquement, ces Argiles de Lion-sur-Mer se divisent en trois niveaux fossilifères :

— à la base, les marnes contiennent en association, des brachiopodes (*Cererithyris intermedia*, *Kallirhynchia morierei*), et des petites huîtres (*Catinula knorri*, *C. minuta*) ;

— au-dessus, les premiers bancs calcaires de l'alternance renferment des passées lumachelliques à brachiopodes (*Obovothyris obovata*) ou à bivalves (*Meleagrinnella echinata*), avec de gros moules internes de *Pholadomya deltoidea*, *Homomya gibbosa* et quelques ammonites dont *Clydonyceras discus*, *Parachoffatia subbackeriae* ;

— enfin la moitié supérieure de l'alternance marno-calcaire est caractérisée par un assemblage de brachiopodes (*Cererithyris fleischeri*, petites *Obovothyris* ; nombreuses rhynchonelles : *Kallirhynchia yaxleyensis*, *Rhynchonelloidea gremifera*, *Goniorhynchia magna*), avec des huîtres (*Liostrea hebridica*) et quelques céphalopodes (*Cylindroteuthis*, *Clydoniceras discus*, *Homeoplanulites* et *Parachoffatia*).

Ces couches argilo-calcaires, grisâtres sombres, contrastent avec les calcaires bioclastiques du Bathonien sous-jacent et indiquent un débordement

ment précoce des faciès terrigènes de la plate-forme externe et du Sillon marneux péri-armoricain, largement étalé sur le bord nord-est du bloc armoricain, à la faveur d'une rapide montée eustatique et avant la fin du Bathonien supérieur.

Par leur faciès et par leur faune, les Argiles de Lion-sur-Mer se rattachent à la zone à *Discus*, sous-zone à *Discus*, au sommet du Bathonien. Elles marquent le début d'une grande séquence terrigène qui se développera dans le Callovien.

j2h-3a. **Callovien basal – Bathonien terminal (faciès Cornbrash indifférencié).** L'érosion quaternaire a largement entouré la série terrigène affleurant entre les vallées de l'Orne et de la Dives. Argiles de Lion-sur-Mer (Bathonien terminal, sous-zone à *Discus*) et base des Marnes d'Escoville (Callovien basal, zone à *Macrocephalus*) sont des équivalents respectivement du Lower Cornbrash et de l'Upper Cornbrash du Sud-Ouest de l'Angleterre. Ces deux unités argileuses donnent des placages sur la surface Lion-sur-Mer, isolés en petites collines surbaissées ou bien forment la base des grandes buttes-témoins alignées du Nord au Sud, sur la rive gauche de la Dives, dans l'avant-pays d'Auge. Là, en l'absence d'affleurements suffisants et de fossiles, à l'écart des quelques carrières permettant un contrôle litho-et biostratigraphique, les deux unités sont cartographiées sous le même symbole.

j3a. **Marnes d'Argences et Marnes d'Escoville (Callovien inférieur). Marnes alternant avec des bancs de calcaires biomicritiques ou des cordons de nodules fossilifères.** Cet ensemble argilo-calcaire, puissant de 20 à 25 m, s'épaissit vers le Nord et le Nord-Est, et repose sur la surface durcie, bioturbée, qui termine les Argiles de Lion-sur-Mer. Ces marnes sont exploitées en carrière depuis près de deux siècles, à la base des buttes-témoins de l'avant-pays d'Auge, d'Amfréville jusqu'à Moulton. Au-dessus, viennent les Marnes à *Belemnopsis latesulcata*.

● La partie inférieure de cet ensemble est composée d'une grande séquence, les **Marnes d'Escoville**, atteignant une vingtaine de mètres d'épaisseur. Cette séquence débute par des marnes bleu-noir, massives, à cassure conchoïdale, épaisses de 7 à 8 m, contenant un cordon de gros nodules calcaires à environ 5 m de la base, et passant à une alternance marno-calcaire (12-13 m). Cette dernière comporte des interbancs marneux ou marnosilteux et des bancs calcaires biomicritiques, très bioturbés : les marnes ont tendance à diminuer, tandis que les calcaires augmentent d'épaisseur de bas en haut (10 à 40 cm). La série se termine par un gros banc calcaire fossilifère, à surface durcie. Localement un chenal, de 60 cm de profondeur sur 10 m de large, est rempli par des laminites argilo-calcaires. La surface supérieure des gros bancs porte souvent des pistes-galeries (*Thalassinoides*) en réseau saillant ; d'autres galeries à manchon (*Planolites*) se rencontrent dans les bancs.

Les minéraux argileux sont dominés par la kaolinite et l'illite, accompagnées d'une faible quantité d'interstratifiés à base de chlorite. Peu abondants à la base, les apports de silts quartzeux augmentent dans l'alternance supérieure : ces silts hétérométriques (10-100 µm) contiennent en plus des

quartz dominants, des feldspaths et micas, ainsi que des minéraux lourds résiduels (zircon, tourmaline, rutile) d'origine armoricaine. Les bioclastes sont essentiellement des débris de bivalves, brachiopodes, échinodermes et bryozoaires. La pyrite est fréquente, surtout dans les loges de foraminifères, sur les débris végétaux, les pistes et les terriers.

Le microfaciès des calcaires est une biomicrite à rares plages recristallisées, avec silt quartzeux dispersé et à texture de wackestone ; bioclastes et grains de quartz flottent dans la matrice boueuse. La teneur en CaCO_3 varie de 30 % dans les marnes à 65 % dans les calcaires.

Des bois flottés pouvant atteindre 2 à 3 m de long se trouvent dans les marnes inférieures : ce sont des branches d'araucariacées (gymnospermes). La microflore est assez riche : spores et pollens, dinoflagellés et acritarches, avec abondance des *Michrystidium* (Sarjeant, 1965), ainsi que coccolithes (*Stephanolithion hexum*, *S. speciosum octum*, *Diadozygus escovillensis*, étudiés par Rood et Barnard, 1972).

La microfaune est plus monotone : foraminifères (nodosariidés, *Epistomina mosquensis*) et ostracodes (*Lophocythere cruciata*, *L. scabra*).

La macrofaune reste peu variée. Les bivalves dominent surtout dans les bancs calcaires : *Liostrrea*, *Gervillella*, *Chlamys*, *Meleagrinnella*, *Oxytoma*, rares *Trigonia* et *Myophorella* ; à la partie supérieure apparaissent de petites *Catinula* costées et *Lopha eruca*. Les gastropodes sont rares. Les céphalopodes sont peu fréquents dans l'ensemble : rares bélemnites (*Cylindroteuthis*), nautilus encroûtés, ammonites : à l'extrême base, *Bullatimorphites bullatus* ; sur presque toute la hauteur, *Parachoffatia* et *Macrocephalites* ; *Kamptokephalites* dans les 5 premiers mètres de l'alternance, puis *Proplanulites* dans les 8 m supérieurs. Les brachiopodes quant à eux sont abondants contre la surface durcie basale (*Cererithyris*, *Obovothyris*, *Kallirhynchia*, *Lotharingella*) ; dans les derniers mètres de l'alternance se distingue un assemblage différent à petits *Dorsoplicathyris dorsoplicata*, *Caryona surensis*, *Dictyothyris smithi*, *Septaliphoria mourdoni*. Les squelettes d'échinodermes sont désarticulés : crinoïdes, astéries, holothuries et petits oursins réguliers, quelques restes de crustacés décapodes, des vertèbres et des dents de crocodiliens (*Metryorhynchus*) sont signalés également.

La zone à *Macrocephalus* recouvre les marnes inférieures et les 5 premiers mètres de l'alternance, tandis que les 8 m supérieurs appartiennent à la sous-zone à *Koenigi* (base de la zone à *Graeilis* = *Calloviense*).

● La partie supérieure de l'ensemble cartographié est représenté par une seconde séquence, les **Marnes d'Argences**. Ces dernières font suite aux Marnes d'Escoville, au-dessus du gros banc calcaire qui les termine. Au-dessus de cette surface durcie basale, elles débutent par des marnes bleu-noir (2 à 3 m) contenant un ou deux cordons de concrétions calcaires à septaria, contenant parfois des fossiles (bois, pholadomies, grandes ammonites). Elles se terminent par un banc de calcaire silteux et pyriteux, bioturbé et noduleux, plus ou moins continu, de 0,5 à 0,6 m d'épaisseur (« grugeon » des carriers). Cette unité supérieure est suivie de Bavent au Sud de Touffréville : elle s'épaissit vers le NNE et l'Est.

Les minéraux argileux sont les mêmes que dans les Marnes d'Escoville sous-jacentes, mais les silts et les bioclastes sont beaucoup moins abondants dans ces marnes (5 %). Par contre, la pyrite est plus fréquente : loges de foraminifères, de céphalopodes, coquilles de mollusques ou moules internes, enduits sur ossements, imprégnations de terriers et restes végétaux. Par oxydation et hydratation, elle fait souvent place à des cristaux de gypse et à des hydroxydes de fer dans les affleurements. La bioturbation est sensible dans le banc terminal.

La flore est encore représentée par des bois flottés, pollens et spores. Les dinoflagellés (*Gonyaulacysta*, *Meiourogonyaulax*, *Canesphaeropsis*, *Valensiella*) et les acritarches (*Michrystidium*, *Baltispheridium*, *Veryachium*) constituent un assemblage caractéristique (Sarjeant, 1965). Des coccolithes accompagnent aussi des schizosphères dans leur plancton calcaire.

Les lignées de foraminifères et d'ostracodes prolongent celles des Marnes d'Escoville. La macrofaune est relativement pauvre dans les marnes (*Modiolus*, *Trigonia*, *Pholadomya*, *Pleuromya*, *Ornithella*, *Septaliphoria*), mais plus diversifiée dans le grugeon, avec notamment des restes d'étoiles de mer (*Tylasteria argenciensis*, *Miopentagonaster calloviensis*) et divers céphalopodes (nautilus et ammonites : *Cadoceras* sp. et *Proplanulites* cf. *basileus* dans les concrétions ; *Sigaloceras calloviense*, *Kepplerites curtilobus*, *Proplanulites teisseyri*, *Cadoceras*, *Dolikephalites* et *Chanasia* dans le grugeon. Cette faune se relie à celle des 8 m supérieurs des Marnes d'Escoville sous-jacente avec laquelle, elle représente la zone à *Gracilis* = *Calloviense*, dont elle constitue la sous-zone moyenne à *Michalskii* (= *Calloviense s.str.*).

Les marnes situées à la base de l'ensemble et les premiers mètres de l'alternance marno-calcaire sont l'équivalent normand de l'Upper Cornbrash anglais. Ces terrigènes fins et ces bancs de calcaires boueux des Marnes d'Escoville correspondent à un dépôt de plate-forme externe, peu éloigné des terres armoricaines émergées (trunks d'arbres, détritiques). Ces vasières littorales contrastent avec les sables calcaires de la plate-forme bathonienne. Ce changement de régime sédimentaire, accompagné d'un renouvellement de la faune, traduit des modifications hydrodynamiques et climatiques. L'arrivée de céphalopodes d'affinités boréales (*Cylindroteuthis*, *Proplanulites*, *Kepplerites*, *Cadoceras*) implique des eaux plus froides, venant du Nord, comme le laissait prévoir la rotation des directions de paléocourants survenue au cours du Bathonien supérieur. Ces tendances s'accusent nettement au cours du dépôt de Marnes d'Argences : débordement du Sillon marneux périarmoricain sur la plate-forme armoricaine, ouverture de la vasière sur le large et influences d'eaux boréales.

j3b. **Marnes sableuses et calcaires de Crèvecœur ; Marnes à *Belemnopsis latesulcata* (Callovien moyen). Marnes à lentilles et petits bancs de calcaire biomicritique, plus ou moins sableux.** Ce deuxième ensemble détritique callovien est composé des Marnes à *B. latesulcata* à la partie inférieure, affleurant partiellement au sommet des buttes-témoins de l'avant-pays d'Auge et, à la partie supérieure, des Marnes sableuses et calcaires de Crèvecœur, accessible de loin en loin à la base de la cuesta de la Dives. Ces deux formations sont imparfaitement connues, altérées et érodées sous les placages d'alluvions quaternaires pour la première, empâtée sous les collu-

vions pour la seconde. Le passage de l'une à l'autre n'est exposé ni en carrière, ni en tranchée, toujours recouvert de végétation et devra être précisé.

● La sédimentation et la faune changent au-dessus de l'arrêt de sédimentation qui termine le grugeon au sommet des Marnes d'Argences, mais cette discontinuité est difficile à suivre sur ce banc calcaire discontinu. **Les Marnes à *B. latesulcata***, épaisses de 12 à 15 m, passent vers le haut, aux Marnes sableuses et Calcaires de Crèvecœur en se chargeant en sables quartzeux. Les premières comportent deux séquences. A la base, des marnes silteuses et pyriteuses (5 à 6 m), rythmées par les décharges de silts à sables fins quartzeux, et contenant à la partie supérieure quelques bancs ou lentilles de calcaires biomicritiques à lumachelliques (huîtres). La partie supérieure semble plus argileuse sur 6 à 10 m, avec passées calcaires plus ou moins lenticulaires de 10 à 20 cm d'épaisseur.

Les minéraux argileux sont toujours dominés par le couple illite-kaolinite. Dans la séquence inférieure, les décharges silteuses sont très riches en quartz, mais contiennent aussi des feldspaths, micas, minéraux lourds (zircon, tourmaline) traduisant une érosion des terres armoricaines voisines. Les bioclastes les plus fréquents sont empruntés aux mollusques, brachiopodes et échinodermes. La pyrite est omniprésente, isolée en petits cubes microscopiques, en remplissages ou en enduits dans et sur les fossiles, épi-génisant les terriers et débris végétaux. Par endroits, les marnes ont tendance à se feuilletter.

La microflore est toujours riche en bois flottés, pollens et spores, dinoflagellés et acritarches (Sarjeant, 1965), coccolithes et schizosphères.

Les foraminifères sont essentiellement des nodosariidés (*Fronicularia*) et des arénacés (*Textularia*, *Ammobaculites*). Les ostracodes livrent quelques bons indices : *Lophocythere flexicosta*, *L. interrupta*.

La macrofaune est surtout composée de petits fossiles. Les bivalves sont nombreux : nuculidés, arcidés, nombreuses huîtres (*Bilobissa dilobotes*, *Nanogyra*, *Lopha*, *Catinula*), pectinidés, astartinés, *Oxytoma inaequalis*. Les brachiopodes paraissent moins fréquents. Les restes squelettiques d'échinodermes sont dispersés. Par contre, les céphalopodes de la première séquence sont caractéristiques : à la base des marnes silteuses, les dernières *Chanasia* et dans la moitié supérieure de ces marnes *Hecticoceras posterium*, *Kosmoceras* (*Zugokosmoceras*) *enodatum*, *K. (Gulielmiceras) gulielmi anterior* ; tandis qu'au sommet, les bancs et lentilles calcaires à *Bilobissa dilobotes* contiennent *Indosphinctes patina* et de grosses *Reineckeia* épineuses. La fréquence de la petite bélemnite *Belemnopsis latesulcata* croît en montant dans ces couches. C'est dans ces niveaux supérieurs qu'ont été récoltés depuis un siècle dans la carrière d'Argences de nombreux restes de vertébrés : poissons sélaciens (*Hybodus*, *Asteracanthus*) et pycnodontes (*Gyrodus*), ichthyosauriens (*Ophthalmosaurus*), crocodiliens (*Metriorhynchus blainvillei*, *M. brachyrhynchus*, *Steneosaurus* sp.), sauroptérygiens (*Muraenosaurus mazetieri*, *Picrocleidus*, *Apractocleidus*, *Cryptocleidus*, *Pliosaurus ferox*, *Simolestes*, *Pelonestes*) et dinosaurien stégosaurien (*Lexovisaurus durobrivensis*). Cette faune représente la sous-zone à *Enodatum* = *Patina*. Placée traditionnellement au sommet de la zone à *Gracilis* et du Callovien

inférieur, elle serait mieux intégrée à la base du Callovien, moyen (Tintant, 1963) comme ici, dans la perspective d'une échelle biostratigraphique de cet étage basée sur l'évolution des *Kosmoceratidae* en province subboréale.

La faune de la seconde séquence plus argileuse est moins bien connue faute d'affleurements permanents. Elle comporte encore de nombreux bivalves de petite taille, analogues aux précédents, accompagnés de gastropodes (pleurotomariidés, trochotomidés, *Procerithium*, *Dicroloma*), de petits polypiers solitaires en forme de boutons ou de coupes, pullulant par endroits, de brachiopodes plus fréquents (*Caryona*, *Ornithella*, *Septaliphoria* écrasés), de débris squelettiques de crinoïdes, d'ophiures et d'astéries, d'holothuries et d'oursins, de serpules. *Belemnopsis latesulcata* est toujours présente, mais les ammonites sont éparées : d'abord *Kosmoceras* (*Zugokosmoceras*) *medea*, puis *K. (Z.) jason*, avec des hecticoceratinés. Cette 2^e séquence appartient à la zone à Jason du Callovien moyen.

● Au-dessus des Marnes à *Belemnopsis latesulcata*, les apports de silts et de sables quartzeux augmentent de fréquence et d'importance. Des marnes sableuses à silteuses se déposent d'abord, puis alternent avec des bancs calcaires biomicritiques et gréseux, noduleux et pyriteux, plus ou moins oxydés à l'affleurement. Il n'existe aucune bonne coupe permanente dans cette formation des **Marnes et calcaires de Crèvecœur**, épaisse de 5 à 6 m environ (?), observée jusqu'ici uniquement en tranchées temporaires entre Periers-en-Auge et Crèvecœur-en-Auge et qui se rattache vers le Sud aux affleurements de Grandmesnil (feuille Vimoutiers). Plus à l'Ouest, les eaux torrentueuses de la Dives pléistocène, chargées de blocs et de galets, ont vigoureusement érodé l'interfluve Orne-Dives, découpant et isolant les buttes-témoins et creusant sa large vallée en partie aux dépens de ces niveaux sableux vulnérables.

L'analyse lithologique de cette formation reste sommaire dans ces conditions. Les résidus insolubles dépassent généralement 20 % et atteignent près de 40 %. Aux quartz dominants s'ajoutent encore feldspaths, micas et minéraux lourds à cachet armoricain. La teneur en CaCO₃ atteint 35 à 40 %. Les minéraux argileux sont identiques à ceux des cortèges rencontrés dans les couches sous-jacentes. La pyrite est abondante en remplissages, enduits et cristaux isolés.

La microfaune de foraminifères est riche en arénacés. Dans la macrofaune, les brachiopodes sont abondants : térébratules et rhynchonelles, souvent écrasées, sont accumulées souvent en lumachelles (*Dorsoplicathyrus dorsoplicata*, *Ornithella*, *Septaliphoria*). A part les huîtres, les bivalves sont plus rares. Les ammonites sont surtout connues dans l'alternance marno-calcaire supérieure, avec *Erymnoceras coronatum* et *Kosmoceras* (*Zugokosmoceras*) du groupe *grossouvrei*. Cette association caractérise la zone à *Coronatum*, à la partie supérieure du Callovien moyen.

La récurrence des apports de silts quartzeux dans la partie inférieure des Marnes à *B. latesulcata* indique une nouvelle pulsation marine sur les terres émergées et précède, dans la vasière à huîtres, la concentration relative des restes de vertébrés marins et terrestres, pénécotemporaine de celle plus célèbre de Peterborough en Angleterre. Diverses accumulations de luma-

chelles semblent se mettre en place sur les fonds marins à la limite d'action des houles. La série amorce une tendance vers l'émersion. Après une longue période de sédimentation des terrigènes fins, s'exprime temporairement une augmentation de l'énergie hydrodynamique avec l'arrivée de sables fins dans la formation supérieure. Ces apports plus grossiers sous une plus faible tranche d'eau, correspondent latéralement, au Sud, à un net ralentissement de la sédimentation, avec dépôt condensé à oolithes ferrugineuses (feuille Vimoutiers).

j3c. **Marnes de Dives et Couches du Mauvais-Pas (Callovien supérieur). Marnes grises à noirâtres, à passées sableuses, petits bancs ou nodules de calcaires biomicritiques avec pyrite.** Employé dès le début du XIX^e siècle comme équivalent normand d'« Oxford Clay », le concept très large d'Argile de Dives s'est réduit à l'usage pour ne plus désigner aujourd'hui que le Callovien supérieur (ou Divésien, sous-étage abandonné). A l'origine, ces couches affleuraient largement sur la plage et à la base des falaises de Beuzeval, à l'embouchure de la Dives. Mais à la fin du XIX^e siècle, peu à peu, la construction de la digue, de la route, de la voie de chemin de fer, des hôtels et des habitations, ainsi que dans le même temps la progression vers l'Est de la flèche sableuse dans l'estuaire de la Dives, ont contribué à masquer les affleurements et modifié profondément le paysage.

Les **Marnes de Dives** (15 à 20 m) affleurent à l'Est d'Houlgate (coupe de référence) à la partie inférieure de la falaise vive, et sur la plage, plus ou moins ensablée suivant la saison, en contre-bas d'Auberville. Elles sont repérées dans le sous-sol du Pays d'Auge, entre la cuesta de la Dives et l'estuaire de la Seine, au fond des principales vallées, et elles s'épaississent vers l'ENE. Elles sont formées par un ensemble de séquences argileuses, à passées silto-sableuses et à fossiles pyriteux, évoluant vers des passées plus calcaires, biomicritiques. A la partie inférieure des Marnes de Dives, divers auteurs ont distingué les **Couches du Mauvais-Pas** qui fournirent autrefois à Beuzeval de nombreux fossiles, mais qui de nos jours sont le plus souvent inaccessibles sous les sables. Le passage des Marnes sableuses et calcaires de Crèvecoeur à ces Marnes de Dives reste mal connu et l'étude lithostratigraphique de cette partie basale demande à être précisée.

Les minéraux argileux sont surtout l'illite et la kaolinite, avec des interstratifiés. Les silts et sables fins sont composés de quartz, avec quelques micas. La teneur en CaCO₃ varie de 30 à 60 % des marnes aux bancs calcaires. Les bioclastes sont fournis par les bivalves, gastropodes, brachiopodes et échinodermes. Les débris de fusain et la pyrite sont omniprésents. La bioturbation est fréquente : *Chondrites*, *Planolites*, terriers à griffures de crustacés, parfois pyritisés.

La microflore comporte pollens et spores, dinoflagellés et acritarches (Sarjeant, 1966). Il y a aussi des graines et des bois flottés dans la macroflore. La microfaune comporte dans la partie inférieure (Couches du Mauvais-Pas) des foraminifères (nodosariidés, *Ammobaculites*, *Cribrostomoides*) et des ostracodes (*Lophocythere flexicosta*, *L. scabra*, *L. cruciata*), et dans les couches supérieures des *Epistomininae* (foraminifères) et des *Lophocythere* (ostracodes) pyritisés.

La macrofaune des Couches du Mauvais-Pas correspond à celle de la zone à *Athleta*. Les bivalves y sont variés (*Gryphaea lituola*, *Nuculoma castor*, *Paleonucula calliope*, *Chlamys fibrosa*, *Thracia depressa*) ; les gastropodes plus rares (*Pleurotomariidae*, *Trochotomariidae*, *Procerithium*, *Oolithicia meriani*). Les bélemnites (*Hibolithes hastatus*, *Cylindrotheuthis puzosiana*) et quelques nautilus accompagnent des ammonites (*Peltoceras athleta*, *Pseudopeltoceras chauviniamum*, *Kosmoceras bigoti*, *K. duncani*, *Collotia*, *Pachyerymnoceras jarryi*, *Distichoceras-Horioceras*, *Orionoides*). Au sommet, existe un niveau caractéristique à *Aulacothyris bernardina* (brachiopode). Noter que des restes de vertébrés proviennent de ces couches : poissons (*Lepidotes*), ichthyosauriens (*Ophthalmosaurus*), crocodiliens (*Metriorhynchus superciliosus*, *M. durobrivense*), sauroptérygiens (*Pliosaurus*), dinosauriens.

Dans la partie supérieure des Marnes de Dives apparaissent d'abord les *Cardioceratinae* épais (*Quenstedtoceras henrici*, *Eborariceras* p. sp.) avec *Kosmoceras spinosum*, *K. compressum*, *Orionoides poculum*, *Pachyceras lalandeanum* (couches H2-H3) ; puis les *Cardioceratinae* comprimés (tels *Q. (Lamberticeras) lamberti* et diverses formes affines) *Peltoceras athletoides*, *Euaspidoceras retrorsum*, divers *Oppeliidae* (Couches H4). Au sommet, une couche plus ou moins lumachellique et gréseuse avec *Ctenostreon proboscideum* peut servir de repère (H5). Ces couches correspondent à la zone à *Lamberti*, au sommet du Callovien supérieur.

Ces dépôts terrigènes sont encore ceux d'une vasière ouverte aux eaux du large, mais recevant toujours des apports détritiques de terres émergées voisines (bois flottés, dinosauriens). L'apparition de nouvelles faunes d'ammonites d'affinités boréales (*Cardioceratinae*) souligne de nouvelles modifications du régime hydrodynamique.

j4. Marnes de Villers (Oxfordien inférieur, partie inférieure). Marnes grisâtres à rosées, avec petits bancs et cordons de nodules de calcaire biomicritique et passées d'oolithes ferrugineuses. Cette formation marneuse, puissante de 25 à 27 m, fut détachée de l'« Argile de Dives » (de Caumont 1828 ; Brongniart 1829) par M. Douvillé (1882) ; avec l'Oolithe ferrugineuse de Villers qui la surmonte, elle a constitué autrefois à Villers, la coupe-type d'un sous-étage, le Villersien, aujourd'hui abandonné. Ces Marnes de Villers font suite aux Marnes de Dives et sont composées de trois séquences argileuses évoluant vers des calcaires biomicritiques, en bancs ou nodules. Elles affleurent largement, en front de mer, entre Houlgate et Villers-sur-Mer, où plusieurs coupes de référence ont été levées (Hébert, 1860 ; Douvillé, 1882 ; Raspail, 1901 ; Dugué, 1989). Elles constituent le soubassement du Pays d'Auge et passent au Sud aux Marnes à Pernes ; elles s'épaississent vers l'ENE.

La séquence basale (8-9 m) débute par des argiles grises ou noires, pyriteuses, avec faune d'ammonites (*Pavloviceras mariae*, *Scarburgieceras scarburgense*, *Properisphinctes*, *Oppelia*, *Taramelliceras*) avec quelques articles de crinoïdes (*Pentacrinites angulatus*) et rares gastropodes (*Dicroloma bispinosa*), passant à des argiles brunâtres à rougeâtres, terminées par un petit banc calcaire silteux, gris à brun rougeâtre (0,10 m) peu fossilifère (= H6-7 : Hébert, 1880).

Dans la séquence médiane (8-10 m), les argiles brunâtres à rosées, avec *Gryphea (Bilobissa) dilatata* contiennent dans leur moitié inférieure un lit de coquilles fossiles blanchâtres, fragiles (*Pavloviceras* ; *Dicroloma*, *Procerithium* ; *Myophorella*) et un cordon de nodules calcaires ; puis dans leur moitié supérieure un à 2 cordons de nodules de calcaire biomicritique bioturbé et fossilifère. Au sommet, un à deux bancs calcaires peuvent passer à des nodules arrondis biomicritiques grisâtres (= H8-9).

Quant à la séquence supérieure (8-10 m), les argiles grises y alternent avec de petits bancs ou cordons de nodules calcaires aplatis (0,1 à 0,2 m). Les gryphées sont fréquemment en position de vie à la partie inférieure. Au-dessus se rencontrent des passées silteuses avec pyrite oxydée, riches en *Isognomon promytiloides* et contenant aussi *Protocardioceras praecordatum* (= H10-H14).

Dans ces marnes, l'illite prédomine parmi les minéraux argileux, accompagnée de kaolinite, d'interstratifiés irréguliers et d'un complexe à base de chlorite. La fraction silteuse se trouve plus riche à la base et sous les cordons de nodules, mais ne dépasse guère 5 % ; elle est formée de quartz et de paillettes de micas. La teneur en CaCO_3 est d'ordinaire de 30 à 35 % dans les marnes et peut atteindre 60 à 80 % dans les nodules et bancs calcaires. Quelques oolithes ferrugineuses, granules de goëthite ou bioclastes ferrugineux peuvent se rencontrer à la base de la 2^e séquence. La pyrite est présente partout, parfois associée à des petits cristaux de gypse secondaire dans la zone d'altération. Les bioclastes sont dispersés ou concentrés en lits : bivalves (huîtres, *Isognomon*), gastropodes, échinodermes (crinoïdes, astéries, ophiures, holothuries, oursins), brachiopodes plus rares.

La microflore est riche et bien conservée. Rappelons d'ailleurs que G. Deflandre a décrit dès 1938 de nombreux dinoflagellés et acritarches dans ces Marnes de Villers (complété par Sarjeant, 1967), ainsi qu'un riche microplancton calcaire à coccolithes (Deflandre et Fert, 1951) et à schizosphères (Deflandre et Dangeard, 1938). Spores et pollens sont également bien préservés dans cette formation (Shrivastava, 1988).

Les foraminifères (nodosariidés, épistomininés, agglutinants) sont fréquents. La présence des protoglobigérines dans la 2^e séquence souligne en particulier l'ouverture des fonds marins aux apports pélagiques. Les ostracodes fournissent des associations caractéristiques : *Monoceratina scrobicula*, *Paracypris* sp. à la base ; *Hutsonia* sp., *Lophocythere cruciata cruciata*, au sommet (Bizon, 1958 ; Guyader, 1968). De nombreux organites d'invertébrés sont associés à ces microfaunes : coquilles et squelettes larvaires de mollusques et d'échinodermes, sclérites d'holothuries (Deflandre-Rigaud, 1961), spicules d'éponges, scolécodontes...

La macrofaune apparaît relativement clairsemée et dominée par les bivalves (nombreuses gryphées *Bilobissa dilatata* et var. ; *Isognomon promytiloides*, *Modiolus bipartitus*, *Pleuromya aldouini* ; *Paleonucula* à la base ; *Limatula corallina* au sommet). Les gastropodes sont plus nombreux à la partie inférieure (*Procerithium millepunctatum*, *Oolithicia meriani*, *Dicroloma bispinosa*). Les brachiopodes sont présents à la partie supérieure (*Thurmannella* cf. *obtrita*, *Gallienithyris* écrasées). Les ammonites sont assez mal conser-

vées sous forme de moules internes comprimés : *Quenstedtoceras (Pavlovi-ceras) mariae* dans la première séquence, avec *S. scarburgense* et quelques oppelliés (les kosmocerotidés ont disparu) ; à la base de la 2^e séquence, *Pavloviceras pavlovi* accompagne *Creniceras renggeri* ; la 3^e séquence contient *Protocardioceras praecordatum* et *Parawedekindia arduennensis*. Des ossements et dents de vertébrés sont irrégulièrement distribués dans ces Marnes de Villers. Cet assemblage de fossiles caractérise l'Oxfordien inférieur, et plus particulièrement sa base : la zone à Mariae.

Comme ces épais dépôts argileux ne correspondent qu'à une seule zone ammonitique, ils représentent un épisode à fort taux de sédimentation et de subsidence, comblant les irrégularités de la plate-forme externe. Les eaux étaient bien aérées, riches en apports nutritifs et relativement calmes. La présence conjointe des protoglobigérines, du riche microplancton et des ammonites souligne la libre communication des fonds marins péri-armoricains avec les eaux du large. Mais la persistance de débris ligneux et de restes de vertébrés terrestres implique la proximité des rivages sur terres émergées, peu distantes de ces vasières carbonatées.

js. **Couches à *Myophorella hudlestoni* et *Lopha gregarea* (base de l'Oxfordien moyen pars) ; Oolithe ferrugineuse de Villers (partie supérieure de l'Oxfordien inférieur pars). Alternance de marnes bioclastiques, de calcaires lumachelliques et de calcaires biomicritiques à oolithes ferrugineuses.** Cet ensemble de couches à oolithes et grains ferrugineux constitue un repère cartographique encore difficile — faute d'affleurements suffisants — à subdiviser partout en trois unités.

● **L'Oolithe ferrugineuse de Villers** coiffe les Marnes de Villers, avec lesquelles elle constitue une grande séquence contrastée par le ralentissement du taux de sédimentation dans ce niveau condensé et très fossilifère. C'est une alternance de marnes et de calcaires micritiques, grisâtres à brun rosé, fortement bioturbés, contenant de nombreuses oolithes ferrugineuses qui flottent dans une matrice boueuse, avec divers bioclastes et grands fossiles (mollusques, brachiopodes surtout) caractéristiques de la zone à *Cordatum* (sommet de l'Oxfordien inférieur). Épaisse de 2,5 à 3 m dans la falaise littorale entre Houlgate et Villers, elle est suivie de loin dans le Pays d'Auge, à l'affleurement (Dozulé) ou en sondages. Elle comporte trois séquences argilo-calcaires dans lesquelles les bancs calcaires noduleux sommitaux ont tendance à se développer aux dépens des argiles et localement à se dédoubler (couches H 15).

La sédimentation prolonge celle des Marnes de Villers où se rencontrent déjà des granules d'oxydes de fer isolés. Des petits grains de quartz non-usés de la taille des silts sont dispersés dans ces couches. Les nuclei des oolithes ferrugineuses sont bioclastiques ou des grumeaux ferruginisés, rarement un grain de quartz ; les lamines de goëthite sont très fines et portent par endroits des semelles de loges de foraminifères (*Nubeculinella bigoti*). Les bioclastes associés sont souvent perforés et ferruginisés. Le classement des oolithes est mauvais : des petites oncolithes et des graviers ferrugineux (0,2-0,5 mm) indiquent des variations hydrodynamiques importantes sur ces fonds marins. De plus, les fossiles sont apparemment déchaussés par érosion à la limite supérieure de certains bancs calcaires.

Les oolithes sont de forme sphérique ou aplatie : leur densité varie dans les bancs, avec une nette raréfaction vers la partie supérieure ; leur répartition dans les marnes et calcaires est régie par la bioturbation.

Les bioclastes sont dérivés de bivalves, gastropodes, céphalopodes, de brachiopodes et d'échinodermes ou de foraminifères. Les débris de bois sont fréquents. Spores, pollens, dinoflagellés et acritarches ont été étudiés par Sarjeant (1967).

La microfaune est diversifiée (Bizon 1958 ; Guyader 1968). Parmi les foraminifères, les petites *Epistomina* sont fréquentes à la base ; divers nodosariidés leur succèdent à la partie moyenne, tels *Vaginulina flabellata*, *Lagenoglandulina costata obtusa*, tandis que sur toute la hauteur se rencontrent *Cribrostomoides canui*, *Nubeculinella bigoti* et *Nodobaculites tibia*. Les ostracodes sont fréquents : *Hutsonia* sp., *Procytheridea martini*, *Lophocythere ærtlii*, *L. cruciata*, *Cytherella index*.

La macrofaune est essentiellement composée de mollusques. Pour les bivalves, d'abord les grandes huîtres (*Gryphaea dilatata*, *Lopha genuflecta*, *L. gregarea*), des byssifères (*Modiolus bipartitus villersensis*, *Isognomon promytiloides*, *Gervillella siliqua*), des fouisseurs profonds (*Pholadomya aequalis* à la base ; *Pleuromya aldouini*, *Mactromya aceste*) ou superficiels (*Trigonia*, *Myophorella*), avec quelques formes libres (*Chlamys fibrosa*, *Camptonectes lens*). Les gastropodes sont rares. Les brachiopodes sont bien conservés (*Thurmannella obtrita*, *Gallienithyris gallienii*). Quant aux céphalopodes, ce sont des moules internes d'ammonites qui dominent : *Cardioce ratinae* (*Scarburgiceras* à la base, *Vertebriceras anglogallicum*, *Pachycardioceras*, *Goliathiceras goliathum*), *Peltoceratinae* (*Parawedekindia arduennensis*, *Peltoceratoides constanti*, *Peltomorphites eugeni*), *Aspidoceratinae* (*Euaspidoceras douvillei* à la base) ; quelques nautilus (*Paracnoceras*) et des bélemnites (*Pachyteuthis*) sont notés occasionnellement. Des restes de poissons et de reptiles (y compris ossements et dents de dinosauriens) sont présents dans ce niveau condensé.

Cette faune caractérise bien les deux sous-zones inférieures de la zone à Cordatum (Bukowskii et Costicardia), mais la sous-zone supérieure est mal représentée, la recurrence argileuse qui surmonte l'Oolithe ferrugineuse de Villers correspondant vraisemblablement pour partie à cette sous-zone à Cordatum dilatée dans le Pays d'Auge.

● Les **Argiles à *Lopha gregarea***, épaisses de 5 à 7 m, rappellent les Marnes de Villers et surmontent en effet l'Oolithe ferrugineuse de Villers, mais elles montrent les signes d'une évolution de la sédimentation. Les décharges détritiques d'abord silto-quartzeuses, puis ferrugineuses, augmentent de la base au sommet ; parmi les interstratifiés, apparaissent ceux qui lient smectites et chlorite ; enfin, la faune de ces couches s'appauvrit nettement à la fois en espèces et en individus. Des bois flottés et de fins débris ligneux sont communs, favorisant la formation de la pyrite à plusieurs reprises.

Les foraminifères sont essentiellement : *Lenticulina polonica*, *Spirillina polygyrata* et *S. tenuissima* ; les ostracodes : *Lophocythere multicostata*.

Dans la macrofaune, ce sont les huîtres à commissure plissée, *Lopha gregarea*, qui sont caractéristiques, en lits ou en « bancs », alignées ou enchevê-

trées, construisant de petits biohermes, encroûtées de nanogyres, de plicatules épineuses, de bryozoaires et d'ordinaire couvertes de petits foraminifères fixés blanchâtres (*Nubeculinella bigoti*). Quelques brachiopodes se rencontrent à ce niveau : *Gallienithyris gallienii* et *Zeilleria parandieri*. Ces Argiles à *L. gregarea* correspondent aux couches H 16 (Hébert 1860) : elles constituent des séquences d'épaisseurs décroissantes. Les céphalopodes y sont rares : quelques fragments de *Cardioceras* mal conservés indiquent encore la sous-zone à *Cordatum*, au sommet de l'Oxfordien inférieur.

● Au-dessus de cette récurrence marneuse, une épaisse alternance marno-calcaire (12 à 15 m), riche en décharges détritiques grossières, siliceuses et ferrugineuses, précède le dépôt des calcaires oolithiques. Une grande variabilité dans la composition, le nombre et l'épaisseur des bancs peut être observée entre Houlgate et Villers, dans des conditions d'accessibilité difficile, au sommet des falaises en front de mer. Au moins deux ensembles de bancs peuvent se distinguer dans cette unité supérieure désignée récemment sous le nom de **Calcaire d'Auberville** (Dugué, 1987), la coupe la plus complète se trouvant en contre-bas de cette localité. A la base, une première alternance de marnes et de calcaires, contenant des charges de sables et graviers, siliceux et ferrugineux (bioclastes ferruginisés, pelletoides limonitiques, oolithes chloriteuses), avec passées bioclastiques, voire lumachelliques. Les bancs de marnes tendent à s'amincir de bas en haut et les calcaires à s'épaissir corrélativement, atteignant 70-80 cm d'épaisseur. Le second ensemble débute par d'épais bancs marneux entrecoupés de petits lits calcaires passant à une seconde alternance à bancs plus réguliers, moins gréseux, toujours riches en grains ferrugineux et contenant dans les derniers mètres les premières oolithes calcaires, avec gastropodes et oursins, débris de polypiers, annonçant les sables oolithiques et les petits récifs de l'Oxfordien moyen.

Les smectites s'affirment dans le cortège des minéraux argileux, aux côtés de l'illite, prépondérante sur la kaolinite qui régresse. Parmi les détritiques, les quartz dominant, mais des fragments de grès et de silicifications les accompagnent, ainsi que des feldspaths et un cortège de minéraux lourds (zircon, tourmaline, rutile). Les ooides ferrugineux diffèrent de ceux de l'Oolithe ferrugineuse de Villers : généralement chloriteux et déformés, ils sont dépourvus de loges de foraminifères fixés. Des grains de glauconie sont disséminés à la base. La pyrite est encore fréquente, ainsi que les débris végétaux. De nombreux bioclastes dérivent de coquilles de bivalves (huîtres, trigonies), abondamment perforés et ferruginisés. La bioturbation est différente : après les *Chondrites* des Argiles à *L. gregarea*, les *Thalassinoides*, *Planolites* se rencontrent dans les bancs gréseux avec des pistes, des traces de repos et divers terriers (*Rhizocorallium*, *Teichichnus*).

Certaines lentilles métriques représentent vraisemblablement des vestiges de rides. Des stratifications entrecroisées sont également visibles par endroits.

La faune comporte surtout de grands bivalves ; variétés aplaties ou épaisses de *Gryphaea dilatata*, grandes *Myophorella hudlestoni major* très anguleuses, *Isognomon* très élargis, *Trigonia*, *Chlamys splendens*...). Les ammonites sont généralement fragmentaires et comprimées : *Cardioceras* (*Scoticar-*

dioceras) excavatum, Euaspidoceras catena. Cette association représente une faune de passage de la zone à Cordatum (sous-zone à Cordatum) à la zone à Plicatilis (sous-zone à Vertébrale).

La récurrence des Argiles à *Lopha gregarea*, suivie du dépôt alternant du Calcaire d'Auberville, gréseux et ferrugineux, marquent ensemble une étape importante de transition entre la fin du régime terrigène et le début du régime carbonaté, oolithique et récifal. Cette succession remarquable accompagne une reprise passagère de la subsidence, entre deux phases de ralentissement de la sédimentation. Les terres émergées du voisinage sont érodées et les produits de cette érosion continentale sont étalés sur la plateforme dont ils parachèvent le nivellement. L'apparition successive des smectites, des oolithes calcaires et des débris de polypiers annoncent un changement climatique, corroboré par la substitution des ammonites d'eaux chaudes venant du Sud (*Perisphinctidae, Aspidoceratinae*) aux faunes subboréales qui dominaient jusqu'alors à l'Oxfordien inférieur.

j6. Calcaire corallien de Trouville et Oolithe de Trouville (Oxfordien moyen). Calcaire construit récifal à polypiers ou bioclastique périrécifal, passées micritiques ; calcaires oolithiques à matrice boueuse et bancs argileux ou marneux. Reposant sur le Calcaire d'Auberville, l'Oolithe de Trouville est terminée par un arrêt de sédimentation et supporte le Calcaire corallien ou Coral-Rag de Trouville, à la partie supérieure des falaises frontales de Villers-sur-Mer à Auberville. Dans ce secteur, ces deux formations calcaires ont chacune leur épaisseur réduite par rapport aux affleurements littoraux situés plus à l'Est (Trouville, Bénerville), respectivement à 8-6 m et 2-0,5 m vers l'Ouest. De plus, elles sont localement masquées par des coulées boueuses, éboulements et glissements provenant des formations crétacées sus-jacentes. D'ailleurs, la surface d'érosion continentale post-Jurassique recoupe le Coral-Rag, altéré, qui n'est plus représenté à l'Ouest de Beuzeval.

● **L'Oolithe de Trouville** est formée de gros bancs de calcaires oolithiques boueux, bioturbés, débutant par des couches assez fossilifères, contenant encore quelques oolithes ferrugineuses en mélange. Cette formation, coiffée des restes de la suivante, constitue la corniche de calcaires jaunâtres qui couronne à Villers les marnes grises et leurs deux intercalations ferrugineuses brun-rouille. Elle correspond aux couches 22 à 33 (Hébert, 1860) et se subdivise en séquences qui varient d'épaisseur et de composition entre Villers et Houlgate. Difficilement accessibles au sommet des falaises littorales, ces faciès sont éboulés en gros blocs, épais de 2 à 3 m, au pied de la fausse terrasse ou glissés dans les coulées pierreuses et boueuses. Dans cette succession, deux ou trois arrêts de sédimentation sont soulignés par un cordon ou un conglomérat de galets intraformationnels, perforés par des *Lithophaga* et encroûtés par des nanogyres (bivalves).

Ces oomicrites ont des textures de packstones où la boue est toujours bien représentée. Les oolithes (0,5 à 2 mm de diamètre) ont pour nuclei des bioclastes ou des pelleteïdes, exceptionnellement des grains de quartz à Villers. Leurs lamines concentriques sont fréquemment encroûtées de *Nubeculinella bigoti* (foraminifère fixé). De petites oncolithes à girvanelles (cyanobactéries) et des agrégats d'oolithes se rencontrent plus rarement, avec des

pelletoïdes et des bioclastes roulés et micritisés à leur périphérie (foraminifères, polypiers, mollusques, échinodermes, ostracodes). La bioturbation est importante avec des terriers (*Rhizocorallium*) et des pistes-galeries (*Thalassinoides*). La présence d'algues vertes calcaires (dasycladacées) souligne la faible profondeur du dépôt en zone photique.

La teneur en CaCO_3 oscille entre 70 et 90 %. Le cortège des minéraux argileux se distingue dans ce secteur de Villers par la présence de la kaolinite à côté de l'illite dominante, des smectites mal cristallisées, de traces de chlorite et d'interstratifiés chlorite-smectites prolongeant l'assemblage observé dans le Calcaire d'Auberville. Les galets intraformationnels proviennent soit du démantèlement de petits bancs oolithiques à oobioclastiques, plus ou moins boueux au sommet des séquences, soit du déchaussement des remplissages de pistes-galeries, consolidés et compactés, associés à des moules internes de bivalves isolés. Ces galets arrondis ou aplatis sont encroûtés d'huîtres et serpules ; leurs oolithes et bioclastes sont coupés comme à l'emporte-pièce par les perforations, indice d'une lithification précoce. L'hétérométrie des galets dans le premier cordon à Villers et leur mélange avec de gros bioclastes diversifiés pourrait bien traduire l'action érosive de courants de tempêtes dans le façonnement et le transport des galets, au cours d'un épisode de ralentissement passager de la sédimentation, accompagné d'une décantation des fines.

Les fragments de bois sont rares. La microflore n'est pas encore bien connue. La microfaune comporte surtout des foraminifères fixés (*Nubeculinella*) sur les bioclastes ou libres et roulés dans la matrice boueuse (nodosariidés), ainsi que des ostracodes usés (*Schuleridea triebeli*, *Cytherella*, *Lophocythere*). Les bivalves sont fréquents : huîtres (*Nanogyra nana*, *Lopha solitaria*, *Gryphaea moreana*), pectinidés (*Chlamys fibrosa*, *C. splendens*, *Camptochlamys intertextus*, *Camptonectes lens*), trigonies, *Pleuromya uniformis*, *Limatula corallina*, *Prorokia*. Les gastropodes ne sont pas rares (*Procerithium*, *Pseudomelania*, *Bourguetia striata*, nérinées, *Ampullospira*). De grandes ammonites ont été récoltées à la base de la formation : *Dichotomophinctes antecedens*, *Perisphinctes chloroolithicus*, *P. maximus*, *P. cotovui*, *P. plicatilis*, *Euaspidoceras crebricostis*, *E. perarmatum*, ainsi que de gros *Goliathiceras* et *Scoticardioceras* encroûtés et *Cardioceras densiplicatum*. Cette faune caractérise la sous-zone à Antecedens (= Maltonense), à la partie supérieure de la zone à Plicatilis (= Densiplicatum).

● Le **Calcaire corallien** ou **Coral-Rag de Trouville** débute au-dessus d'un arrêt de sédimentation interrompant le dépôt de l'Oolithe de Trouville : ce contact, d'accès difficile à Villers, est perforé et encroûté plus à l'Est.

Dans le secteur des Vaches-Noires, le Coral-Rag est représenté par des calcaires bioclastiques à lumachelliques, à débris de polypiers (d'où le nom anglais hérité des géologues du XIX^e siècle), de mollusques et d'échinodermes. Dans ces faciès périrécifaux, les bioclastes sont anguleux ou roulés, perforés ou encroûtés, recristallisés ou partiellement dissous, tantôt déposés dans des conditions de haute énergie, avec stratifications obliques occasionnelles, ou dans des conditions abritées avec colmatage d'une charpente bioclastique par une boue blanchâtre de lagon. Les variations latérales

étaient très nombreuses. Grossièrement lités, certains de ces calcaires montrent une imbrication de lentilles à granulométries différentes. Mais les coupes strictement en place sont toujours limitées en surface, à cause des glissements ou effondrements. De toute façon, l'épisode à petites constructions récifales apparaît éphémère et les petits récifs de type coral-patches sont facilement démantelés, alimentant la sédimentation environnante. Le sommet du Coral-Rag se trouve lui-même altéré et érodé par la surface de la pénéplaine post-jurassique, sous les dépôts transgressifs et discordants du Crétacé, limite masquée le plus souvent dans le Chaos, au-dessus des Vaches-Noires : les calcaires y sont enrichis en oxydes de fer, en magnésium, localement décomposés, vacuolaires et farineux, rarement silicifiés. D'une façon générale, le Coral-Rag est considérablement aminci d'Est en Ouest : 2 m à la limite de Villers ; 0,5 m entre Auberville et Houlgate.

La teneur en CaCO_3 dépasse 90%. La calcite devient souvent magnésienne ferrugineuse dans les squelettes carbonatés. Les tests aragonitiques sont dissous et recristallisés. Les oolithes, mêlées aux bioclastes, sont micritisées à leur périphérie, remaniées et resédimentées. Le cortège des minéraux lourds prolonge celui des couches sous-jacentes : la kaolinite est toujours présente ici, ce qui différencie le cortège de Villers de ceux rencontrés plus à l'Est.

Les foraminifères sont à la fois des nodosariidés et des agglutinants. Parmi les ostracodes, *Schuleridea triebeli*, *Galliaecytheridea postrotunda*, *Vernoniella caletorum* paraissent de bons marqueurs.

Les polypiers rencontrés à Villers sont moins diversifiés qu'à Bénerville : ce sont essentiellement des formes massives (*Isastrea*, *Thamnasteria*) et branchues (*Thecosmilia*). Les commensaux sont des bivalves (*Nanogyra*, *Lopha*, *Gryphaea*, *Cucullaea*, *Cavilucina*, *Lithophaga*), des gastropodes, des oursins réguliers (*Paracidaris florigemma*, *Hemicidaris*, *Acrosalenia*, *Phymosoma*). Les grandes ammonites sont rares (*Perisphinctes*, *Euaspidoceras*), mais indiquent la sous-zone à Parandieri, à la base de la zone à Transversarium (= Z. à Tenuiserratum).

Les sables oolithiques de l'Oolithe de Trouville se sont accumulés dans le secteur de Villers sur des fonds marins abrités où se décantaient les boues de lagon et où vivait une faune benthique diversifiée. Ces dépôts calcaires témoignent de la mise en place du régime de sédimentation carbonatée sur le bord nord-oriental de la plate-forme armoricaine et de sa substitution au régime terrigène antérieur. Dans cette paléogéographie régionale, le secteur de Villers-Auberville était beaucoup plus interne que ceux de Bénerville et de Trouville. C'est à l'aplomb de la puissance maximale du corps oolithique (mont Canisy à l'Est) que se sont installés des petits récifs de polypiers au cours du Coral-Rag : ces constructions modestes et vulnérables ont livré à l'érosion et à la sédimentation d'importants matériaux bioclastiques étalés à leur périphérie, empâtés de boues crayeuses côté interne des récifs et se biseautant en prisme court côté externe, passant à des calcaires bioclastiques fins. L'évolution de cette sédimentation calcaire indique une tendance à l'émersion sur des fonds marins nivelés, peu profonds, recouverts d'eaux chaudes affectées par des variations d'énergie importantes.

Crétacé

n7-c1. **Glauconie de base (Albien supérieur—Cénomanién basal) : sables argileux et glauconieux, à passées de sables quartzeux clairs, d'argiles verdâtres à noires ou de glauconitite.** Ces sables glauconieux, de couleur vert foncé quand ils sont humides, meubles et entraînés par l'écoulement de la nappe aquifère qu'ils abritent, représentent un dépôt condensé, à la base de la transgression crétacée, masquant fréquemment leur contact avec les marnes et calcaires jurassiques sous-jacents. Dans le Pays d'Auge, légèrement discordants sur les couches calloviennes et oxfordiennes, ils s'étalent largement sur la surface d'érosion post-jurassique.

Cette formation-repère est très difficile à étudier à l'affleurement en place, notamment sur le replat du Chaos, qu'elle entretient entre la falaise taillée dans les dépôts oxfordiens et l'arrière-falaise de calcaires cénomaniens entre Villers-sur-Mer et Houlgate. Sous Auberville, elle est enlevée par l'érosion et sape à la base de grands panneaux de craie à silex du Cénomanién inférieur, qui s'effondrent sur pied et glissent vers la mer. A la partie supérieure, elle passe insensiblement à la craie glauconieuse du Cénomanién.

Les premières lèches marines crétacées ont certainement atteint le Pays d'Auge et son avant-pays, d'après les rares témoins résiduels dispersés sur l'Est du territoire étudié, telles les poches de sables fins jaunâtres à concrétions ferrugineuses, observés temporairement entre Villers et Houlgate, sur les hauteurs de Saint-Samson et de Dozulé, analogues aux sables ferrugineux (Aptien supérieur) des falaises cauchoises ; ou tels les débris de conglomérat à matrice grésio-ferrugineuse et les débris de bois flottés sidéritisés ou pyritisés rappelant les faciès du Poudingue ferrugineux du cap de la Hève. Compte-tenu des témoins aptiens-albiens du Lieuvin ou de l'estuaire de la Seine, de l'amincissement progressif des formations à partir de ces affleurements, les limites d'extension des mers aptiennes et albiennes s'avançaient au-delà du Pays d'Auge et les sédiments meubles ont été remaniés au cours de la transgression, incorporés à cette Glauconie de base, de l'Albien supérieur au début du Cénomanién.

Les couches basales sont plus ou moins lenticulaires : la glauconitite est formée de grains lobés de glauconite bien cristallisée. Les surfaces ravinnées supportent des graviers ou petits galets de quartz, grès, calcaires ou fossiles remaniés, glauconitisés ou phosphatisés noirs.

La bioturbation est localement exprimée par des terriers et par des pistes-galeries (*Spongeliomorpha*). Les restes de bois flottés sont fréquents. Les moules internes et les débris squelettiques roulés sont souvent recouverts d'un enduit glauconieux ou sont phosphatés, ainsi que des galets calcaires. Les coquilles aragonitiques sont généralement dissoutes, sauf dans certains îlots de glauconitite crayeuse, où des accumulations mécaniques de coquilles semblent même préservées à la partie supérieure. Les fossiles sont rarement déterminables spécifiquement : spongiaires, serpules, brachiopodes, bivalves. De rares ammonites sont remaniées, comme *Epihoplites* gr. *compressus-trifidus* de l'Albien moyen trouvé à Villers-sur-Mer. Au sommet par

contre, des fragments phosphatés de *Mantelliceras* et de turrilités indiquent la base du Cénomaniens (zone à *Carcitanensis*).

Ce dépôt condensé, à la base du Crétacé transgressif sur les terres émergées, s'est mis en place au cours d'une phase de débordement marin, dans des conditions de faible sédimentation favorables aux remaniements multiples et à la formation de la glauconite et du phosphate sur la plate-forme armoricaine. La proximité des terres émergées s'affirme dans les décharges détritiques et la fréquence des bois flottés.

C1. Craie glauconieuse (Cénomaniens inférieur). Calcaire gréseux glauconieux et à cherts noirs, plus argileux à la base, avec fossiles phosphatés, et niveau de gaize à spongiaires à la partie supérieure. Cette formation atteint une trentaine de mètres dans le Pays d'Auge et représente les premiers dépôts carbonatés sur le bord nord-oriental de la plate-forme armoricaine. Elle repose partout sur la Glauconie de base, en particulier sur la côte, dans la falaise en contre-bas d'Auberville. Elle se compose de séquences marno-calcaires rythmées par des ébauches et des faisceaux de hard grounds (Juignet, 1974). A sa partie inférieure, elle prolonge la Glauconie de base, au-dessus d'une surface de ravinement, sous forme de glauconite bioclastique, argileuse ou sableuse, avec graviers siliceux, petits galets et fossiles à enduit glauconieux en phosphaté noir. Ces couches tendres passent à des calcaires gréso-glauconieux, à bancs ou nodules cherteux gris à noir. Ce premier ensemble, glauconieux, épais d'une douzaine de mètres est coiffé par les hard grounds « Villers » 1, 2, 3 qui se succèdent en 2 m, montrent une intense bioturbation et une évolution diagénétique carbonatée renforcée à l'aplomb de ces discontinuités sédimentaires. Puis sur 7 à 8 m se développe un faciès de craie jaunâtre à passées de gaize à spongiaires siliceux et cordons de cherts, recoupé par les hard grounds « Crouttes » 1, 2, 3.

La teneur en CaCO_3 varie de 20 à 80 %. Les smectites dominent accompagnées d'illite dans le cortège des minéraux argileux. La glauconite en grains lobés est bien cristallisée. Les minéraux lourds comportent la staurotide et la barytine en plus de la tourmaline et du zircon. Dans ces biomicrites et biomicroparites glauconiennes et gréseuses, se rencontrent spicules d'éponges (lithistidés), foraminifères, débris de bivalves, brachiopodes, bryozoaires, échinodermes. Une trame d'opale se développe dans les passées de gaize.

Les foraminifères sont assez fréquents : *Hedbergella delrioensis*, *H. planispira*, *Praeglobotruncana stephani*, *Rotalipora appenninica*, *Arenobulimina anglica*, *A. truncata*, *Gavelinella cenomanica*, *G. baltica*, *Pseudotextulariella cretosa*.

La macrofaune est riche en espèces benthiques. Les bivalves sont variés : *Arctostrea carinata*, *Merklinia aspera*. Les brachiopodes associés sont surtout *Grasirhynchia grasiana*, *Cyctothyris difformis*. Les oursins sont nombreux : *Discoidea subuculus*, *Salenia petalifera*, *Hemiasper bufo*, *Epiaster crassissimus*, *Holaster nodulosus*, *Catopygus carinatus*. Dans ces couches, les éponges siliceuses sont bien préservées *Chenendopora*, *Hallirhoa*, *Plocoscyphia*, *Guettardia*, etc.

Parmi les céphalopodes, à côté de rares bélemnites (*Neobibolites ultimus*), se rencontrent quelques nautilus et des ammonites, parmi lesquelles se

détachent deux associations : la première à la partie inférieure très glauconieuse, avec *Sharpeiceras laticlavium*, *Mantelliceras mantelli*, *M. cantianum*, *Schloenbachia varians* (zone à Carcitanensis) et la seconde dans la craie à passées de gaize, avec des *Schloenbachia subvariens* et des *Acompsoceras* mal conservées sur une face (zone à Saxbii), caractéristiques du Cénomanién inférieur. La zone à Dixoni n'est pas bien reconnue.

Cette formation est moins détritiquée à Villers qu'à Dozulé, c'est-à-dire au Nord qu'au Sud du Pays d'Auge. Elle fait transition entre les dépôts terrigènes de la base transgressive du Crétacé régional et les faciès crayeux qui lui succèdent. La répétition des hard grounds en faisceaux est liée aux variations bathymétriques qui affectent périodiquement ces fonds marins peu profonds.

C2. Craie de Rouen (Cénomanién moyen). Craie jaunâtre à silex, à nodules et fossiles phosphatés à la base et horizons noduleux glauconieux. Au sommet de l'arrière-falaise d'Auberville, l'argile à silex s'est développée aux dépens d'une formation calcaire à nodules cherteux, supérieure aux hard grounds « Crouttes », et par conséquent à la zone à Saxbii. D'après les blocs éboulés dans le Chaos et les fossiles récoltés (*Acanthoceras rhotomagensis*, *Scaphites aequalis*, *Turrilites costatus*), la base de la Craie de Rouen se trouve conservée par endroits dans les piliers crayeux qui séparent les puits remplis d'argile de décalcification. Mais jusqu'à présent aucune coupe favorable n'a permis d'observer le contact Cénomanién moyen—Cénomanién inférieur.

C1-2. Cénomanién indifférencié. La couverture végétale, l'argile à silex et ses colluvions ne permettent pas sur de nombreux versants de séparer les formations du Cénomanién inférieur et moyen qui sont cartographiées groupées.

Formations superficielles

Formations résiduelles

RS-Rc2-RF. Argiles résiduelles. Liées aux altérations pré-quaternaires, limitées aux surfaces planes comprises entre 120 et 140 m d'altitude sur le Pays d'Auge, ces argiles font suite aux séries d'argiles à silex développées sur les formations crétacées de l'Ouest du bassin de Paris.

Sur la feuille Caen, l'argile à silex et cherts, à matrice essentiellement kaolinique, superposée directement au karst de la craie, couvre les plus grandes surfaces ; cette formation bien connue plus à l'Est (feuilles Le Havre et Lisieux) passe latéralement à une formation sablo-argileuse rouge développée sur le faciès sableux du Cénomanién en venant vers la Dives.

L'ensemble appartient à la surface d'altération élaborée depuis l'érosion crétacée jusqu'au Pliocène. Pendant le Quaternaire (et peut-être déjà au Pliocène), une partie de ces formations a été érodée ; les traces de ces altérations se retrouvent cependant à proximité des niveaux du Quaternaire

ancien : on peut ainsi rattacher à l'ensemble des argiles résiduelles, celles qui comblent le karst pré-quaternaire situé à Hérouville à 70 m d'altitude. Ce karst est en continuité topographique avec les argiles à silex de la région de Bayeux, et stratigraphiquement situé sous le Pléistocène ancien marin qui le ravine (coupes d'Hérouville).

Re-g. **Sables résiduels d'Auberville.** Par assimilation aux sables marins piégés dans des poches situées au sein des argiles à silex et datés plus à l'Est, des témoins isolés de sables marins sur le plateau d'Auberville et d'Houlgate ont été cartographiés comme « sables tertiaires » et rapportés à l'Éocène supérieur ou à l'Oligocène inférieur.

Formations alluviales

Les formations alluviales, aussi bien modernes que plus anciennes, sont largement représentées sur cette feuille à proximité des embouchures de l'Orne et de la Dives. Une stratigraphie relative, basée sur l'étude des altérations (galets et paléosols) a été rattachée à une stratigraphie plus absolue ; celle-ci tient compte de l'intercalation des systèmes marins et fluviaux quaternaires dans les estuaires.

Alluvions fluviales pléistocènes. De grands systèmes de nappes étagées permettent de suivre l'évolution des cours de l'Orne et de la Dives tout au long du Quaternaire ; les dépôts se situent entre + 69 m et - 35 m NGF dans la section intéressée par la feuille Caen. L'ensemble le plus complet a été étudié à Hérouville (fig. 3).

Toutes ces nappes ont des caractères semblables : de larges vallées à fond plat ont été remblayées par des alluvions caillouteuses à gros blocs, issues des bassins amont (schistes gréseux, quartzite, grès, granite pour l'Orne ; calcaire et silex pour la Dives). L'étude sédimentologique des alluvions a permis de rattacher les nappes à des épisodes froids (blocs glaciels), et celle de leurs altérations permettent d'établir une stratigraphie relative. Les analyses effectuées sur les galets de schistes gréseux et de granite montrent l'apparition de vermiculite dans la nappe moyenne aux dépens de la chlorite, puis la disparition de ces minéraux remplacés par de la kaolinite dans la nappe du Pléistocène ancien.

Quatre ensembles de nappes, dont la pente du profil longitudinal est de plus en plus accentuée vers l'aval, sont ainsi distingués.

Fy. **Alluvions fluviales weichséliennes.** La nappe de fond, non altérée, repose sur le bed-rock calcaire entre - 11 m à Caen et - 30 / - 35 m NGF au niveau de Ouistreham (vallée de l'Orne). La basse-vallée de la Dives (bed-rock à - 14 m NGF à Basseneville) se situait à cette époque à l'Ouest de la butte de Robehomme. Les nappes weichséliennes sont carbonatées, y compris celles de la basse-vallée de l'Orne : à Caen, 34 % des galets de 2 à 5 cm sont calcaires.

Fx. **Nappe alluviale saaliennne** (base + 7 m à l'embouchure de l'Orne). C'est la mieux conservée, en une belle terrasse continue de Caen à la mer. Les

alluvions, épaisses de 2 à 5 m, sont soutirées par un karst postérieur au dépôt dont les poches plongent sous le niveau du remblaiement récent.

Fw ; Fwc. **Nappe elstérienne** (base + 22 m à l'embouchure de l'Orne). Beaucoup plus altérée et rubéfiée, n'est bien individualisée par rapport à la nappe Fy que très en aval de Caen (Orne) et de Troarn (Dives).

Fv. **Nappe alluviale du Pléistocène ancien** (+ 55 m à l'embouchure de l'Orne). Elle repose sur des sables marins d'âge Pléistocène ancien, qu'elle ravine près de Caen. Les dépôts sont très mal conservés dans la vallée de l'Orne en aval de Caen. Par contre, le long de la Dives au Nord de Troarn à Amfréville, des alluvions à silex épaisses de 1 à 1,50 m forment un placage continu sur le sommet des avant-buttes du Pays d'Auge ; à leur contact, les marnes calloviennes sont décarbonatées sur plus de 2 mètres.

Fz. **Alluvions fluviales holocènes et récentes**. Le plus souvent limono-argileuses ou limono-sableuses, elles remblaient les basses-vallées ; en amont, des dépôts flamands fluvio-marins recouvrent éventuellement des tourbes post-glaciaires (amont de Cléville, dans la vallée de la Dives) avec lesquelles elles s'intercalent. Plus en amont encore, ou le long des petites vallées affluentes (Ancre, Doigt de Beuvron, Dan), elles ne contiennent pas de tourbes.

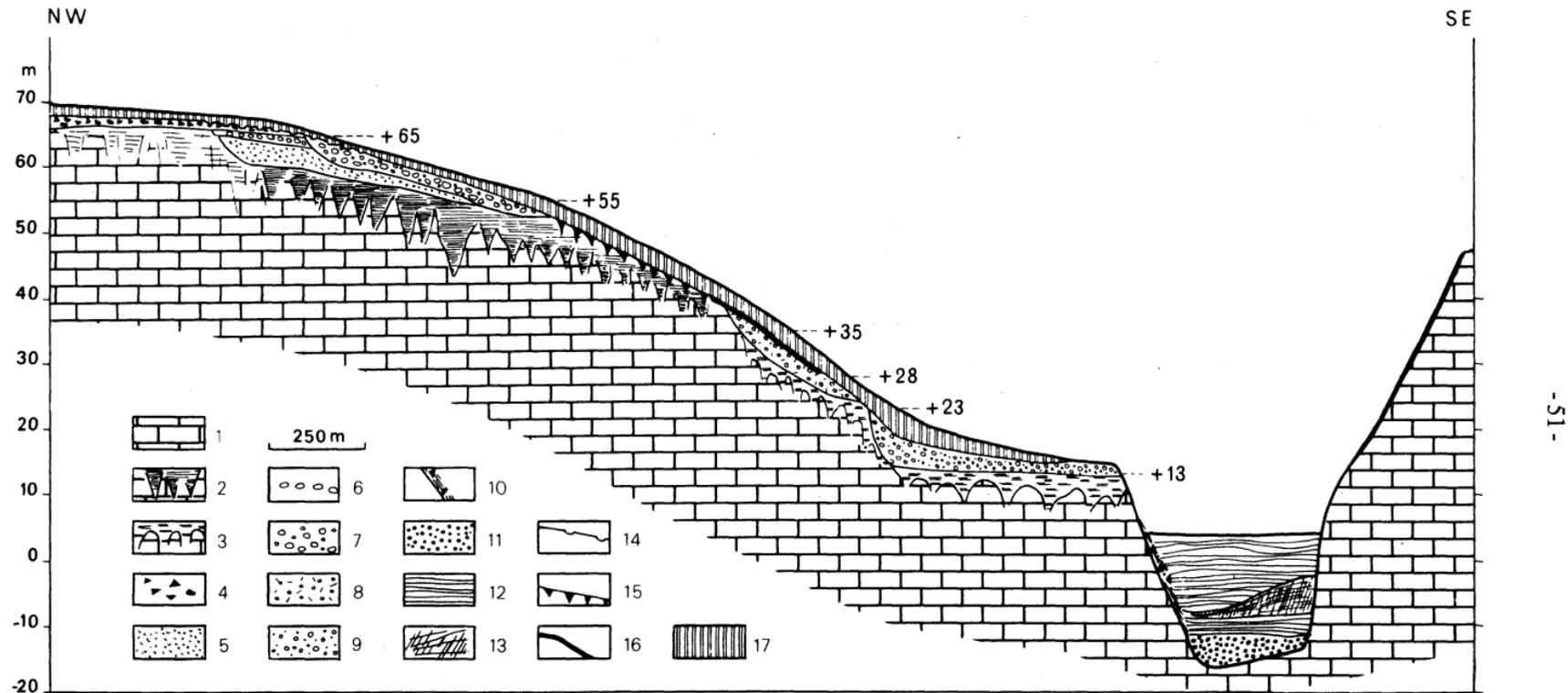
Fz (1). **Tourbes**. Des zones tourbeuses très étendues, constituent le substratum des marais de Saint-Pierre-Oursin près de Janville, de Bures-Saint-Samson-le Ham. Des tourbes sont connues aussi par sondages dans la basse-vallée de l'Orne, sous les dépôts flamands qui les recouvrent. Ces tourbes sont toutes post-glaciaires et plusieurs séquences à partir du Boréal ont été établies dans les deux vallées, permettant de situer le niveau des hautes mers vers - 14 m à la fin du Boréal, à - 7 m vers - 5 000 BP, + 1 m au cours du Subatlantique.

Dépôts marins ou fluvio-marins

LP/My. **Dépôts marins anciens** (anté-Eémien, intra-Saalien ou Holsteinien ?) Parallèlement à la côte actuelle existe une série de plate-formes étagées et de dépôts plus ou moins bien conservés, mais dont l'origine marine paraît certaine. Un premier dépôt, situé vers 55 m NGF (Sud-Est de Colleville, fig. 4), se rattache peut-être au placage sableux du Pléistocène ancien qui a été signalé précédemment près de Caen, sous la nappe fluviale de même âge (fig. 3).

Vers 30-35 m à Luc-sur-Mer et à Saint-Aubin-d'Arquenay, un niveau d'érosion marine bien conservé, mais sans dépôt, pourrait être rapporté selon la stratigraphie classique à l'Holsteinien mais il est certainement plus ancien.

Sur 15 km à l'Ouest de l'embouchure de l'Orne, de Ouistreham à Courseulles-sur-Mer (feuille Courseulles), existe une plate-forme continue large de 1 500 à 1 800 m, limitée au Sud par une falaise fossile dégradée dont le pied est à l'altitude de + 9/+ 10 m NGF ; en direction de la mer, ce niveau est en pente douce jusqu'à + 6 m NGF.



1 - Calcaire jurassique; 2 - Karst pré-Quaternaire ancien; 3 - Karst postérieur au Quaternaire moyen; 4 - Gravier d'épandage pré-Quaternaire ; 5 - Sables marins du Quaternaire ancien; 6 et 7 - Nappes fluviatiles du Quaternaire ancien; 8 et 9 - Nappes du Quaternaire moyen, 8 : Elstérien probable, 9 : Saalien probable; 10 - Dépôts de pente weichsélien; 11 - Nappe weichsélienne de fond; 12 - Fluvio-marin flamandien; 13 - Tourbes holocènes; 14 - Phénomènes de congéfluxion; 15 - Fentes de gel; 16 - Versant remodelé par gélivation; 17 - Lœss calcaires weichséliens.

Fig. 3 - Coupe synthétique du Quaternaire continental de la Vallée de l'Orne dans la région de Caen (J. Pellerin, 1977)

Des sables marins quartzeux ont été découverts sur l'ensemble de la plate-forme à l'Ouest de Luc-sur-Mer, tandis que sur la feuille Caen, on a découvert deux types de dépôts :

- un dépôt fluvio-marin à Ouistreham, situé sous les loëss calcaires et entaillé par la nappe alluviale saaliennne (fig. 4) ;
- des restes sableux fossilifères, au pied de la falaise fossile, dans le cimetière de Luc-sur-Mer (faune à mollusques de type actuel). En aval de ce dépôt, la plate-forme a été déblayée de ses dépôts marins, dont on ne retrouve que quelques galets repris lors des épisodes de solifluxion séparant les phases lœssiques weichséliennes (vallon fossile de la falaise de Luc creusé dans l'ancienne plate-forme).

Ce niveau incontestablement pré-weichsélien est considéré habituellement comme appartenant à l'interglaciaire éémien, ce qui pose quelques problèmes stratigraphiques pour situer dans le temps des restes de dépôts marins plus récents situés aux alentours du zéro actuel et dont il existe quelques gisements immédiatement à l'Ouest. Des tentatives récentes de datation par racémisation des amino-acides donnent un âge intra-saalien, vers 200 000 B.P., ou holsteinien (300 000 B.P.).

Mz ; F-Mz. **Remblaiement marin, puis fluvio-marin flandrien.** Faisant suite la plupart du temps à des dépôts tourbeux, à partir de la fin du Boréal, les dépôts fluvio-marins, sableux près de la côte, plus fins et sablo-limoneux ou sablo-argileux dans les basses-vallées marécageuses de l'Orne et de la Dives, constituent des dépôts carbonatés dont l'extension actuelle correspond à la limite naturelle de la remontée des marées dans les estuaires.

A l'abri des cordons dunaires, les remblaiements des marais littoraux recouvrent parfois des tourbes récentes, qui, après recul du littoral, apparaissent sur les plages (débouché du ruisseau de Luc).

D. **Dunes.** Un cordon dunaire de 16 km de long tend à fermer les embouchures de l'Orne et de la Dives, donnant à la côte une parfaite régularité entre Lion et Dives-sur-Mer. Naturellement, les cordons ont tendance à s'allonger d'Ouest en Est sous l'action de l'alimentation sableuse due à la dérive littorale. Les flèches qui barrent les estuaires s'allongent dans la même direction en crochets successifs ; toutefois, les travaux continus de dragages dans le chenal de l'Orne qui piège les sédiments (600 000 m³ de sédiments essentiellement marins sont extraits chaque année de l'avant-port pour maintenir la cote du chenal à -3,25 m) et la canalisation de l'Orne par des digues submersibles ont modifié la sédimentation dans la zone de l'estuaire. L'ensemble dunaire le plus important se situe à Merville-Franceville où existent des cordons sableux parallèles entre eux atteignant l'altitude de + 10 m NGF et paraissant assez récents, tandis qu'entre Varaville et Cabourg, des bas-cordons sableux représentent des stades plus anciens de fermeture des marais littoraux.

Colluvions

C ; CLP ; CV. **Colluvions limoneuses et de fond de vallées.** Ces formations dérivent essentiellement des dépôts de loëss par simple colluvionnement et

ruissellement sur les pentes. Dans la Campagne de Caen, les vallées sèches sont ainsi remplies de limon argileux issu du remaniement des niveaux décarbonatés des loëss. La plupart du temps, ces colluvions, particulièrement dans les fonds de vallées, se sont enrichies de débris de calcaire, galets, graviers, argiles, issus des matériaux qui constituent les versants ou les nappes alluviales.

Colluvions sur marnes. L'épais recouvrement de matériaux sablo-argileux à charge caillouteuse variable (silex, cherts) (2 à 7 m) déposé sur les versants du Pays d'Auge en période froide, est repris actuellement par une solifluxion généralisée. Des formes remarquables, encore actives, s'observent à Grangues, au Nord de Cricqueville-en-Auge, de Saint-Jouin et de Beuvron-en-Auge ; elles prennent un aspect spectaculaire dans la falaise des Vaches-Noires entre Houlagte et Villers-sur-Mer.

Dans toute cette zone où les facteurs lithologiques sont favorables (roches plastiques et meubles), l'importance des phénomènes actuels de solifluxion n'a pu prendre une telle ampleur que grâce aux conditions hydrologiques et géomorphologiques locales :

- existence d'une nappe d'eau perchée à la base du Cénomanien ;
- raideur des versants en roche tendre, ravinés à leur partie inférieure par des ruisseaux nombreux ; ces derniers provoquent une remobilisation des dépôts de pentes mis en place sous des climats quaternaires divers, et particulièrement pendant les phases froides ;
- présence de matériaux sablo-argileux épais, mobilisés au cours des épisodes de climat périglaciaire.

La solifluxion s'est produite sous forme de loupes de décollement et de grandes coulées digitées qui ont emprunté de préférence des couloirs préalablement creusés dans les marnes. Le phénomène est actuellement visible dans la falaise des Vaches-Noires.

La remise en marche de ces matériaux soliflués reste toujours à craindre lors de travaux d'urbanisme ou de construction d'ouvrages divers (environs d'Houllgate et de Villers-sur-Mer).

Autres formations

LP. **Limons des plateaux.** Une couverture de loëss, calcaires sur la Campagne de Caen et autour des marais de la Dives, décarbonatés sur le plateau d'Auge, s'est déposée au cours des phases les plus sèches du Weichsélien (= Würm) sur une grande partie de la région. L'épaisseur moyenne est de 2,50 m, mais atteint 4 à 5 m, particulièrement au pied des versants abrités des vents d'Ouest, dans les têtes des vallées s'ouvrant à l'Ouest (vallée de l'Ancre) et sur le plateau de Douville, près de la Croix-d'Heuland.

La décarbonatation s'est effectuée sur 1,50 à 1,70 m dans la région de Caen, tandis qu'elle est totale sur le plateau d'Auge où les placages de loëss ont d'ailleurs été plus ou moins érodés.

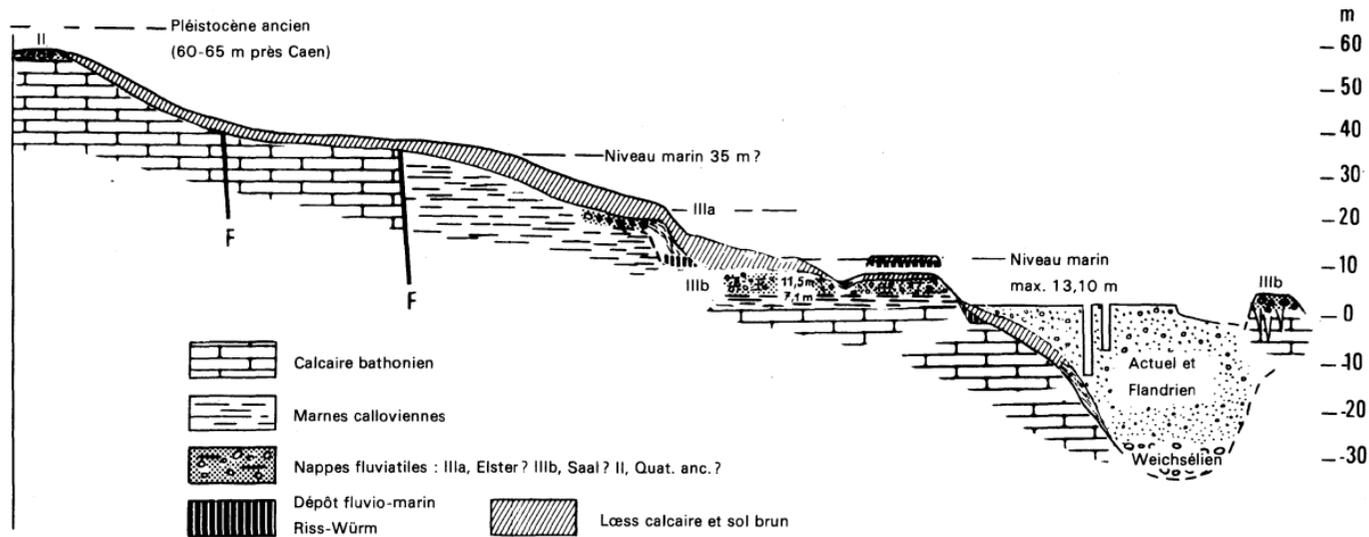


Fig. 4 - Le Quaternaire de l'embouchure de l'Orne (d'après J. Pellerin, 1977)

De couleur jaune pâle, très homogène, le loess calcaire originel contient 15 à 18 % de carbonate de calcium ; c'est un sédiment très bien classé granulométriquement, à médiane autour de 35 micromètres, à faciès éolien typique, dont le cortège minéralogique dominant est constitué de grenat, d'épidote et de hornblende. Près des nappes alluviales de la Dives il contient quelques passées sableuses et glauconieuses.

Les lœss du Pléniglaciaire supérieur (Weichsélien supérieur) sont bien conservés et couvrent largement les plateaux. En plusieurs points (Luc-sur-Mer, Ranville, Douville), une séquence weichsélienne plus complète a été mise en évidence. Trois cycles ont pu y être distingués : un cycle inférieur mis en place sous des conditions plus humides (limons lités ou géliflués) et deux autres cycles représentant le Pléniglaciaire moyen et le Pléniglaciaire supérieur, déposés sous des conditions plus froides et plus sèches (lœss typiques).

Très localement des vestiges du sol interglaciaire éémien et de limons saaliens ont été découverts : Biéville (vallée du Dan) et Caen—Venoix (en limite de la feuille voisine Bayeux-Courseulles).

X. **Remblais.** Localisés jusqu'en 1960 aux alentours des villes de Caen et de Dives-sur-Mer, ils ont pris récemment une grande extension dans la basse-vallée de l'Orne, entre Caen et la mer. Ces remblais y sont constitués essentiellement de sables coquilliers issus des dragages du canal et du chenal d'accès au port de Caen.

Les constructions de l'autoroute A 13 et des ouvrages périphériques ont eu également pour conséquence l'édification de remblais calcaires sur terrains compressibles dans les vallées de la Dives et de l'Orne.

GÉOLOGIE DE LA MARGE SOUS-MARINE

Le substrat rocheux, généralement recouvert de dépôts meubles, n'affleure qu'à l'Ouest sur la frange côtière : roches de Lion. Il s'agit de Bathonien supérieur représenté par ses faciès calcaires ou marno-calcaires : Calcaire de Ranville, Caillasses de la Basse-Ecarde, Calcaire de Langrune.

Les sédiments littoraux sont assez diversifiés, notamment au niveau des estuaires de l'Orne et de la Dives où apparaissent des bancs de sable coquillier et, vers l'intérieur, des séquences fluvio-marines à dépôts fins. L'épaisseur de la couverture meuble est mal connue, probablement de l'ordre de 5 à 10 m, sauf au niveau des anciennes vallées où elle atteint près de 30 m. A Ouistreham par exemple, dans le paléo-cours de l'Orne, le substrat rocheux s'abaisse à - 25 m NGF environ ; il est à - 41 m NGF 15 km plus au Nord, au confluent avec la paléo-Seine.

Nature et répartition des dépôts

Les sables contiennent une *fraction terrigène*, essentiellement quartzreuse, très évoluée, d'origine ancienne (apports fluviatiles et éoliens sous climat périglaciaire avec remaniements en différents milieux) et une *fraction orga-*

nogène d'âge flandrien (accumulation de débris coquilliers depuis la dernière transgression postglaciaire). Selon la teneur en débris biogènes, qui correspond approximativement à la teneur en calcaire du sédiment, on distingue :

- des sables lithoclastiques (moins de 30 % de calcaire) ;
- des sables litho-bioclastiques (de 30 à 50 % de calcaire) ;
- des sables bio-lithoclastiques (de 50 à 70 % de calcaire) ;
- des sables bioclastiques (plus de 70 % de calcaire).

D'autres subdivisions tiennent compte de la *granulométrie*, tout spécialement de la fraction sableuse dominante. Cette dernière est supérieure à 0,5 mm dans les sables grossiers, comprise entre 0,2 et 0,5 mm dans les sables fins, comprise entre 0,05 et 0,2 mm dans les sablons. Les sédiments vaseux contiennent plus de 5 % de pélites (silts et argiles). De 5 à 25 %, il s'agit de sables vaseux, de 25 à 75 % de vases sableuses, de vases pour des teneurs supérieures à 75 %.

Des sables bio-lithoclastiques occupent la partie occidentale de la frange côtière ; ils prolongent là une large bande de dépôts organogènes prenant en écharpe la baie de Seine jusqu'aux abords de Saint-Vaast-la-Hougue. Vers l'Est, on passe à des sédiments moins calcaires, litho-bioclastiques, par moindre contamination du matériel siliceux en bioclastes. Des dépôts bio-lithoclastiques, voire bioclastiques (sables grossiers), constituent les bancs de Merville et de Riva-Bella à l'embouchure de l'Orne, ceux d'Houlgate à l'embouchure de la Dives. Ces corps sableux sont accidentés de grandes dunes et de mégarides à la morphologie changeante selon les houles.

Les sédiments vaseux apparaissent d'une part dans la zone infralittorale à quelques mètres sous le niveau des plus basses mers (sables litho-bioclastiques vaseux), d'autre part dans l'avant-port de Ouistreham et dans les estuaires de l'Orne et de la Dives. Dans ces zones fluvio-marines les dépôts s'ordonnent généralement selon un gradient d'affinement transversal, depuis le chenal sableux vers les berges de plus en plus vaseuses, présentant la zonation classique en slikke, haute slikke et schorre. La fraction fine pélique est de composition assez constante (de 25 à 30 % de calcaire, fraction argileuse faite de kaolinite, d'illite et de montmorillonite en proportions sensiblement égales) ; elle résulte d'apports variés, anciens à actuels, souvent remaniés, brassés et homogénéisés en milieu fluvio-marin à marin. Aujourd'hui, les rivières n'apportent que du matériel en suspension.

Dynamique sédimentaire

La distribution actuelle des sédiments résulte de l'action des *courants de marée* et de celle des *houles*. Ces dernières sont prépondérantes sur la frange côtière ouverte aux influences du large. Elles engendrent un tri transversal des sédiments depuis la plage sous-marine (sables vaseux, sablons) jusqu'à la haute plage où s'accumulent les sables les plus grossiers, riches en bioclastes. Les houles obliques sont également responsables d'une dérive sableuse littorale. De secteur W à NW dominant, elles provoquent dans la région un transit résultant vers l'Est à l'origine de la flèche de Dives encore

active et de la pointe du Siège stabilisée depuis les travaux d'aménagement portuaires à l'embouchure de l'Orne. Les accumulations sableuses devant les estuaires de l'Orne et de la Dives, résultent également de ces transits littoraux perturbés par les chenaux des rivières qui constituent des barrières transversales tronçonnant la frange côtière.

Vers le large, l'action des houles s'amortit tandis que celle des courants de marée s'accroît, devenant dominante au-delà d'une *zone d'énergie minimum* jalonnée par des dépôts sablo-vaseux, vers -6 à -8 m. Viennent ensuite des dépôts de plus en plus grossiers au fur et à mesure que les courants s'accroissent : sablons, sables fins, sables grossiers et graveleux au-delà du périmètre considéré.

La dynamique des estuaires est également dominée par les courants de marée. Canalisées dans les couloirs fluvio-marins, les eaux atteignent des vitesses élevées, surtout au flot, et les sédiments se répartissent en fonction des gradients d'énergie en présence. Ainsi relève-t-on un affinement des dépôts d'aval en amont et de l'axe des chenaux vers les rives. Les estuaires sont en outre des zones à bilan sédimentaire positif. Dans son ensemble, la marge maritime de la feuille Caen, de la côte vers le large, montre un relais des agents hydrodynamiques dominants : courants de marée dans les estuaires (zones abritées des houles), houles sur la frange littorale jusqu'à -6 à -8 m, courants de marée au-delà.

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

REMARQUES TECTONIQUES ET ÉVOLUTION STRUCTURALE

L'évolution structurale des terrains cartographiés et traversés par les forages se résume à trois grandes étapes : déformations cadomiennes, varisques et post-varisques.

Déformations cadomiennes

La partie du vieux socle précambrien rencontrée dans le sous-sol de la région étudiée, entièrement masquée par la couverture mésozoïque et cénozoïque, est constituée de terrains sédimentaires du Briovérien supérieur, plissés au cours de l'orogénèse cadomienne, puis profondément altérés avant d'être érodés lors de l'émergence antérieure au Cambrien inférieur. L'existence de cette phase de déformation cadomienne est particulièrement exprimée par la différence de pendage entre les couches briovériennes (redressées presque à la verticale sous l'agglomération caennaise) et les couches paléozoïques formant le flanc sud du synclinal de Ranville (pendant en moyenne à 45° NNE entre Colombelles et Ranville). Cette différence angulaire traduit la discordance, bien connue plus au Sud à l'affleurement, et caractéristique de cette orogénèse.

Déformations varisques

Les terrains paléozoïques recouvrent donc le tréfond briovérien plissé et raviné. Ils sont plissés à leur tour en synclinal comme le souligne la discor-

dance de la couverture mésozoïque subhorizontale, reposant à la fois sur les terrains briovériens et sur les différentes formations paléozoïques du synclinal de Ranville. Cette discordance est particulièrement nette au niveau des crêtes gréseuses cambro-ordoviciennes et souligne les irrégularités de la pénéplaine post-hercynienne.

Le synclinal de Ranville (*cf.* fig. 1 et 2) apparaît comme un pli cylindrique à grand rayon de courbure, d'axe N 110. Son flanc sud est large, avec un pendage de 40 à 45° N dans sa moitié occidentale et NNE dans sa moitié orientale. Sa partie axiale est affectée de replis anticlinaux, comme les plis synclinaux de May, d'Urville et du massif de Falaise au Sud. L'un de ces replis a donné une écaïlle, qui, accompagnée de filons de roches vertes, injecte le cœur silurien du synclinal. Son flanc nord, plus étroit, reste mal connu. De même, les relations entre le synclinal de Ranville et le pli synclinal paléozoïque de Dives, supposé présent au Nord-Est par Dollfus et Lippman (1913), devront être précisées. Le synclinal de Ranville est affecté de décrochements N 10-N 20, dont l'un, à l'aplomb de la basse-vallée de l'Orne, décale vers le Sud les Grès feldspathiques cambriens du compartiment occidental (sondages de Blainville-SAVIEM).

Déformations post-varisques

Le couvert végétal important et les données de sondage souvent insuffisamment précises n'ont pas toujours permis de tracer les accidents affectant la couverture mésozoïque. D'après la direction de ces derniers, la plupart d'entre eux sont liés au rejeu des accidents du socle. La datation de ces failles post-paléozoïques est toujours délicate du fait de la rareté des témoins tertiaires et quaternaires datés dans cette région. Là où des témoins pléistocènes semblent impliqués, la néotectonique ne peut être écartée. Mais sur la côte et dans les vallées du Pays d'Auge, il faut compter avec les grandes failles panaméennes qui ont décollé des panneaux de calcaires cénomaniens ou oxfordiens et facilité leur glissement sur leur substratum argileux et imperméable callovo-oxfordien.

● Trois accidents ont une importance régionale : la faille de Villers qui se raccorde à diverses failles sur la feuille Lisieux à l'Est, et les deux failles qui encadrent le petit horst d'Amfréville au Nord-Est de Caen.

La faille de Villers-sur-Mer a été observée dans l'alignement de la rue de la Mer, devant l'ancien casino de cette station balnéaire, en 1905 après une forte tempête qui avait désensablé la plage. Cette faille met en contact d'une part, sur la plage, le sommet du Callovien supérieur du compartiment Villers avec le sommet du Callovien inférieur du compartiment surélevé Bénerville, et d'autre part, près de la gare, dans les terres, le Callovien supérieur du compartiment Bénerville avec l'Oxfordien moyen et le Cénomarien du compartiment Villers. C'est à la faveur de cet accident que les Marnes de Dives reviennent à l'affleurement à la base des falaises de Bénerville. Le rejet serait de l'ordre de 35 m minimum (les couches crétacées sont complètement décapées sur le mont Canisy à la même altitude que le plateau d'Auberville). Cette faille, de direction N 120, se raccorde — par Saint-Pierre-Azif et Glanville — à la faille de Beaumont-en-Auge pratiquement Ouest-Est sur le territoire de la feuille Lisieux.

Deux failles presque parallèles encadrent un horst, en étroite lanière, recoupant la vallée de l'Orne entre Caen et la mer.

La faille septentrionale passe au Nord des anciennes carrières du Maresquet de Bénouville sur la rive gauche et dans la carrière des Campagnettes à Amfréville sur la rive droite. De direction N 110, elle met en contact les calcaires du Bathonien moyen (Calcaire de Creully, Calcaire de Blainville) avec le Calcaire de Ranville du Bathonien supérieur, soit un rejet d'une quinzaine de mètres. Vers l'Ouest, cette faille disparaît sous les limons en direction de Saint-Aubin-d'Arquenay et Plumetôt ; vers l'Est, elle passe au Sud de l'église de Bréville et au Nord de l'église de Bavent.

La faille méridionale, repérée au Nord du pont de Bénouville, presque dans l'axe du vallon aboutissant sous l'église de ce village, se retrouve sur l'autre rive entre la ferme de l'Écarde et le calvaire de Longueville, entre Amfréville et Ranville. Vers l'Ouest, elle se prolonge en direction de Periers-sur-le-Dan et plus à l'Ouest ; vers l'Est, elle est suivie en rive gauche de la vallée de la Dives, près de la ferme Saint-Laurent (Bavent). Au-delà de la limite de la carte, sur la rive droite, Bigot (1938) signale une faille dans son alignement N 110, au Sud de Montreuil-en-Auge dans un secteur où les calcaires de l'Oxfordien moyen sont très diaclasés et déformés. Le compartiment surélevé identifié dans la basse-vallée de l'Orne se prolonge au moins dans le versant occidental de la vallée de la Dives, où un panneau de calcaire bioclastique à pelles ferrugineux du Bathonien supérieur (faciès de Sannerville) est mis en contact tectonique au Nord et au Sud avec les Marnes d'Escoville du Callovien inférieur. Le rejet y est du même ordre de grandeur que sur les deux rives de l'Orne.

Ces deux accidents sont accompagnés, de part et d'autre du horst, par des failles satellites parallèles, à plus faible rejet créant une morphologie en marches d'escalier. Au Nord-Ouest d'Amfréville, la roche de Sallenelles, isolée dans les marais de l'estuaire de l'Orne, est une petite butte-témoin formée de Calcaire de Langrune coiffé d'Argiles de Lion : la surface « Lion » y est à une altitude inférieure à celle observée sur les deux rives de l'Orne au Sud de Ouistreham ou au Sud-Ouest de Sallenelles. D'autre part, les dragages du chenal de l'Orne au large d'Ouistreham ont récemment rencontré des dalles de calcaires biomicritiques de Callovien inférieur, indiquant un affaissement des fonds rocheux par rapport aux affleurements les plus proches à terre. Noter d'ailleurs que le trait de côte actuel, depuis Luc-sur-Mer jusqu'à Ouistreham et le contour-limite des rochers littoraux de Luc et de Lion sont parallèles à ce horst axé N 110, comme le synclinal de Ranville sous-jacent. De même, essentiellement sur la rive droite de la basse-vallée de l'Orne, depuis la roche de Sallenelles jusqu'à Colombelles, les calcaires bathoniens sont affectés de grandes diaclases N 20, verticales, élargies par la circulation d'eau, imprégnées d'oxydes de fer ou partiellement remplies de cailloutis et d'argiles soutirés à partir de la surface, voire cicatrisées par de la calcite. Ces diaclases sont pratiquement à l'aplomb du décrochement affectant le synclinal de Ranville.

● Les rochers de calcaires bathoniens qui émergent à marée basse de vive-eau, au large de la côte de Nacre, entre Luc-sur-Mer et Hermanville, présentent de nombreuses diaclases et fractures à faibles rejets. Ils sont détachés du trait de côte et de l'estran. Ce platier rocheux montre localement des zones fortement diaclasées N 10 à N 20, comme entre Luc et Lion, immédia-

tement à l'Est de la Brèche du Corps de Garde. Par contre, la morphologie côtière, avec ses rochers et ses falaises, est dominée par des alignements N 110-N 120.

Au Sud du petit horst d'Amfréville, plusieurs failles à rejet métrique affectent le Calcaire de Ranville en rive droite de l'Orne, dans les anciennes carrières de Longueval (Ranville). De même, dans la vallée de la Dives, entre Bavent et Bures, les calcaires du Bathonien supérieur ont été rencontrés, dans plusieurs fossés de drainage, tranchées et sondages, sous les alluvions de la Dives, en contre-bas du bois de Bavent, notamment autour de Roncheville. D'autre part, les Marnes d'Escoville sont surélevées dans le vallon du Prieuré, au Sud-Ouest de l'église de Bavent. Bigot (1938) dessinait une faille satellite des accidents-limites du horst et parallèles, au niveau de la ferme de Lance. Par ailleurs, les proportions et la morphologie particulières de la basse-vallée de la Dives, avec ses buttes-témoins au contour irrégulièrement découpé et ses variations dans la composition et l'épaisseur des dépôts de comblement, ont intrigué depuis longtemps géologues et géographes. Pour corréliser plus aisément les rares coupes de sondages atteignant le socle dans la région littorale, Dollfus (1913) invoquait la présence d'une ou plusieurs failles entre l'embouchure de l'Orne et Dives, ayant eu pour résultat d'abaisser le Callovo-Oxfordien en un vaste fossé. Cette hypothèse a trouvé par la suite plusieurs échos favorables, notamment auprès des géomorphologues, mais elle attend toujours sa justification géologique. Deux faits peuvent être notés à ce sujet. La surface d'érosion récente des Marnes de Dives, affleurant sous les sables de la plage d'Houlgate après fortes tempêtes, a montré plusieurs fois des cassures N 10-N 20 bourrées de calcite blanche. Ces marnes ont donc réagi aux contraintes post-jurassiques de façon analogue aux calcaires bathoniens de la basse-vallée de l'Orne, à l'aplomb d'un décrochement du socle. D'autre part, le lit et la vallée de la Dives décrivent un brusque changement de direction de part et d'autre du tronçon Troarn—Bures, c'est-à-dire juste en amont du compartiment surélevé : en effet, le cours de la Dives s'infléchit SE-NW d'Anneray (Méry-Corbon) à Troarn et se rebrousse SW-NE de Bures à Dives. Ce dernier tracé, orienté N 20, est perpendiculaire à l'axe du horst et du synclinal paléozoïque sous-jacent. Le jeu tardif des accidents du socle, et en particulier du horst, au cours du Quaternaire, pourrait être à l'origine de la morphologie de la basse-vallée et du tracé en baïonnette du cours actuel de la Dives. Le découpage des buttes-témoins dans des matériaux tendres (marnes plus ou moins argileuses ou sableuses) serait lié à l'érosion torrentielle de la Dives quaternaire, à chenaux divagants et anastomosés et aux eaux chargées de cailloutis.

● La butte de Bassebourg constitue un escarpement dominant la vallée de la Dives et sa corniche de Cénomaniens culmine à la côte 129. En contre-bas, au Sud, le village de Brucourt s'accroche à une autre colline haute seulement de 51 m. A l'Ouest de ce village, le Cénomaniens a été rencontré dans les fossés du chemin d'accès au château. De même, ces calcaires se retrouvent en témoins isolés jusqu'au sud de Bassebourg. Une faille N 120 sépare donc les deux buttes, abaissant le compartiment Brucourt d'une cinquantaine de mètres.

● A plus petite échelle, de nombreuses diaclases en réseau apparaissent à la surface des calcaires bathoniens et oxfordiens, et de faibles rejets accompagnent les multiples fractures observées dans les falaises littorales, les fronts de taille de carrières souterraines ou à ciel ouvert (et même dans les fossés du château de Caen). Les stries de friction, parfois conservées sur ces plans de faille, indiquent des mouvements de faible amplitude tantôt verticaux, tantôt horizontaux.

En bref, les divers types d'accidents inventoriés se regroupent suivant deux principales directions connues dans les synclinaux varisques bas-normands :

- N 110-N 120 : celle des axes de ces plis majeurs paléozoïques, appelée aussi direction armoricaine ;
- N 10-N 20, caractéristique de leur principaux décrochements.

Manifestement, il y a liaison entre la structuration de la couverture mésozoïque et le rejeu des grands accidents du socle varisque sous-jacent.

Mais l'âge de ces accidents n'est pas facile à établir. Le retour de la mer jurassique au Pliensbachien et de la mer crétacée à l'Aptien-Albien a fait suite à des réajustements tectoniques liés au rejeu d'accidents anciens et de faibles déformations, mais les discordances Jurassique/Socle et Crétacé/Jurassique ne permettent pas encore de préciser ces rejeux vu la dispersion des observations.

Si les formations résiduelles (argiles à silex et Sables ou grès d'Auberville) sont affectés par ces accidents (ce qui est délicat à justifier), rejeux et déformations sont d'âge tertiaire (post-Éocène ?, post-Oligocène ?). Mais des réajustements plus récents ne peuvent être exclus. Plusieurs accidents anciens ont vraisemblablement contrôlé l'érosion continentale et marine par leur rejeu mono- ou polyphasé, juste avant et/ou durant le Pleistocène. De même, en créant des barrages imperméables en surface comme en profondeur par déplacement de panneaux argileux, ils ont aussi contrôlé les eaux superficielles et souterraines et guidé la karstification des calcaires mésozoïques, en particulier le long des vallées principales. Il ne faut pas perdre de vue que, plus à l'Ouest et dans le contexte armoricain plus généralement, les grandes accumulations sableuses du Pléistocène ancien (auxquelles se rattachent les Sables d'Hérouville) sont d'ordinaire piégées dans des grabens ou demi-grabens.

TREMBLEMENTS DE TERRE

Depuis le début du XVIII^e siècle, plusieurs tremblements de terre enregistrés sur le territoire étudié ont été relatés dans les archives. Les principaux retenus sont ceux de 1711, 1757, 1775, 1776, 1829, 1837, 1842, 1849, 1853, 1878, 1885, 1889, 1903, 1926, 1927, 1931, 1932, 1959, 1965, 1977 (Lecornu, 1889 ; Graindor, 1972).

Les secousses, d'ordinaire de 1 à 3, avec ou sans réplique, duraient de 1 à 6 secondes et avaient des intensités variables. Les plus faibles ont été ressen-

ties par l'oscillation des meubles et des suspensions, la vibration des vitres, l'arrêt des pendules, le décrochement des cadres et tableaux ou l'ouverture des fenêtres. Les plus fortes ont provoqué le renversement des meubles, la chute de pierres, de tuiles et de cheminées, la formation de fissures et lézards, voire la chute de clochers ou de tours vétustes. La plus forte, en 1775, provoqua l'effondrement d'une vingtaine de maisons à Caen et la chute des cloches de la Trinité de Caen et de l'église de Cormelles. Ces secousses furent accompagnées de détonations (1837) et d'un arrêt momentané du vent soufflant en tempête (1853). Dans la plupart des cas, la secousse donnait l'impression d'une propagation des ondes d'Ouest en Est, ou du Nord-Ouest au Sud-Est, empruntant la direction armoricaine des plis varisques bas-normands. Plusieurs de ces séismes avaient leur épicerne situé au voisinage des îles anglo-normandes et, dans l'ensemble, l'intensité des secousses semblait décroître d'Ouest en Est.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

La région couverte par la carte est soumise à un climat océanique, humide et tempéré. La moyenne interannuelle des hauteurs de pluies qui tombent sur la région est comprise entre 650 et 700 mm ; la hauteur de pluie croît avec l'altitude. La pluie est régulièrement répartie sur l'année, mais la saison la plus arrosée est généralement l'automne. La température moyenne annuelle se situe entre 10 et 10,5 °C. Compte tenu des phénomènes d'évapotranspiration, la hauteur de pluie qui s'infiltré dans le sol pour alimenter les nappes est de l'ordre de 200 mm par an.

Trois aquifères couvrent différentes régions suivant la structure géologique générale, globalement monoclinale d'Ouest en Est ; ils sont les suivant de haut en bas :

— la **craie du Cénomanién**, affleurant l'Est de la vallée de la Dives, abrite une nappe libre perchée, se déversant sur le substratum formé par les argiles du Callovien—Oxfordien inférieur, soit par des sources souvent captées, soit en écoulement diffus. Il s'agit d'un aquifère discontinu où la vitesse de circulation de l'eau est liée à la fissuration de la craie ; celle-ci se développe dans les vallées, ce qui donne lieu à l'apparition de ces sources. Compte tenu de sa position perchée, la nappe est souvent profonde sous les « plateaux », le niveau piézométrique moyen se situe à une cote légèrement supérieure à + 100 NGF et la capacité emmagasinatrice interannuelle du réservoir est assez faible ;

— le **Jurassique moyen** ou **Dogger** est constitué de 2 niveaux : les calcaires du Bathonien et ceux du Bajocien, séparés par les Marnes de Port-en-Bessin épaisses d'une quinzaine de mètres (passage latéral du faciès Calcaire de Caen).

Le **Bathonien** calcaire affleure à l'Ouest d'une ligne Amfréville—Sanner ville en rive gauche des ruisseaux du Pont de Bâle et du Cours de Janville. A l'Est de cette ligne, il est recouvert par les argiles du Callovien et par les alluvions de la Dives qui, dans la vallée, se sont plus ou moins substituées à celles-ci suivant l'intensité des phénomènes d'érosion.

La nappe contenue dans le Bathonien est donc libre à l'Ouest et alimentée directement par les pluies ; à l'Est, elle est captive ou semi-captive, alimentée par des transferts d'eau verticaux, très lents au travers de ses épontes à prédominance argileuse ; il faut noter que la vallée de la Dives constitue un axe de drainage de cette nappe.

Le Bajocien, séparé du Bathonien calcaire par les Marnes de Port-en-Bessin, contient donc une nappe captive sur tout le territoire de la feuille ; il n'affleure dans la vallée de l'Orne sous les alluvions qu'en amont de Caen. Il se prolonge en profondeur par les calcaires de l'Aalénien et du Toarcien reposant sur les Argiles à poissons (Toarcien inférieur), épaisses de 3 à 4 m, qui constituent le mur de la nappe de cet ensemble Bajocien—Aalénien—Toarcien ;

— le dernier aquifère est représenté par le **Trias** sableux, situé localement sous les Argiles à poissons et les calcaires marneux plienschachiens ; il est discontinu et captif ; son épaisseur est réduite à quelques mètres.

Aquifère du Dogger

L'aquifère principal est donc celui du Dogger qui est le seul à pouvoir produire des volumes d'eau souterraine importants, et en particulier le Bathonien, constitué par 5 niveaux de calcaire « isolés » par 3 niveaux de caillasses ; l'identification de ces niveaux est nécessaire pour définir, en fonction des besoins en eau, les caractéristiques des forages d'exploitation, et pour prévoir la productivité de sites d'exploitation d'eau souterraine.

Mais si l'épaisseur du Bathonien atteint dans son intégralité une centaine de mètres, celle de la nappe est plus réduite, car la profondeur de son niveau piézométrique atteint sous les plateaux des valeurs de l'ordre de 30 m, et dans les vallées, où la nappe est sub-affleurante, une bonne partie du calcaire a été érodée. Par contre, les assises du Bajocien, de l'Aalénien et du Toarcien dont la puissance varie de 20 à 40 m, sont totalement saturées, la nappe étant artésienne.

Ces aquifères carbonatés sont de type discontinu, c'est-à-dire que la circulation de l'eau souterraine se fait, comme dans la craie, essentiellement par les fissures d'origine tectonique et développées par dissolution physico-chimique du calcaire. Pour le Bathonien, cette fissuration qui conditionne donc la productivité des puits et des forages, affecte préférentiellement les vallons et les vallées, en particulier la vallée de l'Orne où l'eau souterraine circule aussi dans les alluvions graveleuses du fond de la vallée. La productivité d'un forage dépend à la fois de sa réalisation, de sa coupe technique (hauteur crépinée, pourcentage de vide de la crépine, acidification, développement) et de la fissuration du réservoir. Bien que tous les ouvrages exploitant la nappe du Dogger ne soient pas homogènes, on peut, à partir d'une analyse succincte des pompages d'essai, évaluer les capacités de production de la vallée de l'Orne et de ses abords à plusieurs centaines de mètres-cubes par heure, celles des vallons secs, des petites vallées et de la vallée de la Dives (aquifère captif) à plus de 100 m³/h, celles des plateaux qui couronnent la rive occidentale de l'Orne, ainsi que celles des différents cours d'eau à une vingtaine de m³/h. La productivité du Bajocien et des assises calcaires inférieures n'est pas connue, car ces niveaux ne sont pas exploités isolé-

ment, mais en même temps que le Bathonien par quelques rares ouvrages plus profonds (par exemple : les forages du syndicat d'AEP de Merville : 120.2.75, et de Ranville : 120.6.7). On peut cependant supposer qu'elle est moins élevée, mais que les zones les plus fissurées se superposent plus ou moins à celles du Bathonien.

La surface de la nappe (ou surface piézométrique) montre les différentes directions d'écoulement des eaux souterraines. En rive gauche de l'Orne, la nappe culmine entre Périers et Mathieu à une altitude d'environ + 30 NGF ; au Nord de la ligne Mathieu—Périers—Saint-Aubin-d'Arquenay, elle s'écoule vers la mer ; au Sud elle est drainée par l'Orne. En rive droite, la partie libre de la nappe et la partie captive à l'Ouest d'une ligne Sallenelles—Troarn est drainée par l'Orne (dôme piézométrique à la cote + 20 NGF sous les plateaux et les bois de Bavent). A l'Est de cette ligne, d'une part, et d'une ligne Démouville—Cagny, d'autre part, la vallée de la Dives draine la nappe soit directement, soit par l'intermédiaire du bassin du Cours de Janville.

Les écoulements de la nappe à proximité des limites à niveau constant (mer, cours d'eau) donnent lieu à des émergences (en général sources de déversement ou de débordement) à débit particulièrement élevé quand elles correspondent à des zones fissurées ; on peut noter entre autres, la fontaine Bouillon à Beuville 120.1.42 (83 l/s en janvier 1967), la source de Ranville 120.2.86 exploitée pour l'AEP, la source du Service de Santé à Mondeville 120.5.174 (100 l/s), la source des Frères d'Hérouville 120.5.202 à Hérouville (58 l/s en janvier 1967), le lavoir de Giberville 120.5.210 (55 l/s en janvier 1967).

Le niveau piézométrique de la nappe du Bathonien fluctue sous l'effet des variations de l'alimentation par les pluies au cours de l'année et au cours de « cycles » interannuels ; ces fluctuations atteignent sous les plateaux 3 à 5 m, alors qu'elles sont réduites à des valeurs de l'ordre du mètre dans les vallées où les cours d'eau représentent des limites à niveau constant. L'enregistrement du niveau de la nappe à Ifs (indice national de classement 120.5.229) sur la période 1966-1986, montre un tarissement des réserves de 1966 à 1973, une stabilisation des niveaux d'été de 1974 à 1979, une reconstitution de ces réserves jusqu'en 1983, et de nouveau un tarissement général. La profondeur des ouvrages exploitant l'eau souterraine doit donc être suffisante pour tenir compte de ces fluctuations et obtenir le débit nécessaire aux besoins en période « d'été ».

Les caractéristiques chimiques des eaux du Dogger appartiennent au type bicarbonaté-calcique (environ 80 % de la minéralisation) avec un résidu sec d'environ 500 mg/l ; ce sont des eaux dures (25 à 30 °F) nécessitant un traitement pour l'utilisation en chaudières. Elles sont généralement potables, mais une trop grande fissuration du calcaire les rend vulnérables à des contaminations par des matières en suspension et à des contaminations bactériologiques. Il faut d'autre part rappeler que des ouvrages situés en bordure de mer ou en bordure de la vallée de l'Orne induisent par leur pompage une invasion de l'aquifère par des eaux salées provenant de la mer ou du canal maritime de Caen à la mer. Les taux de chlorures peuvent atteindre plus de 100 mg/l dans la vallée de l'Orne. L'activité humaine induit aussi des pollu-

tions azotées d'origine industrielle, urbaine et agricole. La nappe du Bathonien est assez fortement touchée dans la campagne de Caen, à l'Ouest de l'Orne et dans la vallée ; par contre, les concentrations sont très acceptables dans la zone orientale. La nappe du Bajocien, captive, semble être exempte de fortes concentrations en nitrates, de même probablement que la nappe du Bathonien sous les argiles du Callovien.

L'exploitation des nappes du Dogger et des assises inférieures est centrée dans la région caennaise et dans la vallée de l'Orne ; la totalité des prélèvements sur la feuille, entre 1970 et 1980, est évaluée à environ 17,5 millions de m³/an dont presque 50 % pour l'adduction d'eau potable ; la ville de Caen est le plus gros distributeur d'eau avec les forages de la Prairie, mais aussi sa station de prélèvement sur l'Orne. Le plus gros consommateur d'eau industrielle est la Société métallurgique de Normandie.

Aquifère de la craie

On a vu plus haut que la nappe de la craie est une nappe perchée dont le mur est constitué par les argiles du Callovien—Oxfordien inférieur, à réserve emmagasinatrice faible. Cette eau, comme celle du Dogger, est de type bicarbonaté-calcique et magnésien, dure, généralement potable. Compte tenu de sa situation par rapport aux sites d'utilisation, des caractéristiques hydrodynamiques de la craie, elle est exploitée par captage de sources et son utilisation notable est due à l'adduction d'eau potable ; les prélèvements les plus importants sont effectués par Cabourg (source de Martine et Bonet : 120.4.19 et 20 à Grangues) et Houlgate (captage des Mioques à Gonnevillle : 120.4.21) qui atteignent 150 à 350 000 m³/an.

CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES RÉGIONALES

Chacune des régions naturelles intéressées par cette carte possède des caractéristiques du sous-sol importantes à connaître pour l'aménagement.

Campagne de Caen

Les Calcaires bathoniens sont affectés par des failles qui ont joué verticalement et de décrochements à jeu horizontal ; des diaclases les accompagnent. Les affleurements rocheux des plages ou des falaises littorales, ainsi que des versants de vallées montrent bien ces divers accidents. A l'amont des abrupts de parois rocheuses et des vieux fronts de taille, ces fissures, accusées, s'ouvrent par appel au vide et entraînent périodiquement des écroulements, accélérés en front de mer par le travail de sape à la base des falaises et la circulation piétonne, au sommet, sur la partie fragilisée et altérée. Mais surtout, ces cassures sont utilisées sur toute la surface du plateau calcaire constituant la Campagne de Caen, par des entonnoirs reliés à des conduits profonds d'un *karst* ancien, qui ont souvent soutiré les formations superficielles. Ces phénomènes d'érosion ont plus spécialement été reconnus le long de la basse-vallée de l'Orne, en suivant l'évolution de la découverte et des fronts de taille dans les grandes carrières de Ranville, Amfréville, le Maresquet de Bénouville ou dans divers sondages près de Ouistre-

ham (Pareyn et Pellerin, 1971). Ce karst existe évidemment sur le reste du plateau calcaire, de part et d'autre de cette vallée, masqué par les formations résiduelles et superficielles. Mais ici et là, des affaissements localisés du sous-sol trahissent l'effondrement d'une voûte de cavité karstique, comme au Nord de Périers-sur-le-Dan (Bigot, 1939) ; de même, plusieurs cours d'eau se perdent dans ce karst et disparaissent à la surface du plateau pour ressurgir ailleurs. Ce karst affecte préférentiellement les niveaux calcaires au contact avec les bancs argileux des « caillasses » bathoniennes, c'est-à-dire la base du Calcaire de Blainville, du Calcaire de Ranville et du Calcaire de Langrune.

La prise en compte de ce karst creusé dans les calcaires bathoniens est très importante dans toute étude hydrogéologique ou tout projet d'aménagement, en particulier à proximité des côtes. Des circulations d'eaux continentales (douces) et marines ou saumâtres (salées par la Manche ou le canal de Caen à la mer) peuvent emprunter les conduits karstiques. De même, dans cette région comme dans le Pays d'Auge, les travaux de découverte ou décapage affectant les formations résiduelles ou superficielles, peuvent recouper ces conduits faiblement colmatés ou ouverts, et menacer de pollutions microbiennes ou chimiques les nappes aquifères abritées par les différents calcaires bathoniens.

Agglomération caennaise

Le périmètre urbain s'étend sur trois zones principales aux caractéristiques géotechniques nécessitant des *études préalables* et des *aménagements techniques* pour toute construction importante (Mornod, 1948) :

- le fond de la vallée de l'Orne, où le remblaiement quaternaire est essentiellement formé d'une nappe d'alluvions anciennes grossières, reposant généralement sur le fond calcaire érodé et supportant une épaisse série de vases flamandaises à intercalations tourbeuses ;
- les bords de la vallée, où les limons argileux se sont accumulés soit sur les alluvions anciennes, soit directement sur le calcaire bathonien érodé, raccordant le fond de la vallée au plateau qu'elle entaille ;
- le plateau calcaire de la Campagne de Caen, plus ou moins karstifié.

● Dans la première zone, pour s'adapter aux conditions particulières du sous-sol marécageux, les constructions anciennes de quelque importance reposaient sur des troncs d'arbres enfoncés comme des pilotis dans les vases. La ville moderne y a été reconstruite systématiquement sur des pieux battus en béton armé, fichés dans les alluvions anciennes ou dans le fond calcaire. Gravier et galets des alluvions anciennes ne sont pas cimentés et par conséquent, leur cohésion résulte de leur équilibre par tassement et jeu des forces de friction. Mais la circulation de l'eau de la nappe aquifère qu'ils abritent peut brusquement varier de régime : l'écoulement lent de cette nappe ralentit, là où la matrice sableuse est abondante (supérieure à 25 % des matériaux détritiques), et peut devenir turbulent sous l'effet d'une compression ou d'une dépression. En particulier, la force ascensionnelle de cette eau se manifestera brutalement, soit à la base des pieux battus qui y pénètrent, par lessivage abrasif du béton et par étranglement, soit dans les excavations profondes où les galets se trouvent déstabilisés.

Dans tous les ouvrages profonds, il importe aussi dans cette zone, de ne pas négliger les argiles, résiduelles ou alluviales, qui peuvent être présentes par endroits entre ces alluvions anciennes grossières et le rocher calcaire en place.

Au-dessus, les vases fluvio-marines flandriennes grisâtres, plastiques, très compressibles par perte de leur eau, thixotropiques, c'est-à-dire se liquéfiant par vibration lors du battement des pieux, sont éminemment fragiles bien que pratiquement imperméables. Leurs propriétés physiques, jointes à l'extrême compressibilité des intercalations tourbeuses holocènes qu'elles contiennent *excluent toute construction importante à fondation superficielle sur cette zone de fond de vallée.*

- Dans la seconde zone, les limons jaunâtres présentent une densité, une teneur en eau et une compressibilité plus faibles que celles des vases précédemment citées. Ils se comportent comme des sables fins, mais leurs structures restent fragiles. En effet, quand ces limons sont soumis à des efforts mécaniques, au contact d'eaux acides ou salées, au gel, ils tendent à se transformer en boues. La construction sur pieux n'est pas toujours nécessaire, mais il faut recourir à des fondations par excavations, semelles ou radiers pour assurer un ancrage direct dans la roche en place.

- Enfin, dans la troisième zone, des précautions d'un autre ordre sont nécessaires sur le plateau. Depuis dix siècles, le Calcaire de Caen a été exploité pour la construction de la plupart des monuments et bâtiments de la ville, de la région et pour l'exportation. L'important réseau de galeries et de chambres d'extraction souterraines (la Maladrerie, Venoix, Chemin-Vert, Saint-Julien, rue Basse, Calix, Fleury-sur-Orne, Vaucelles, gare Demi-Lune, Clopée) a été cartographié petit à petit depuis 1945 par le Service des carrières de la ville de Caen. Sur les deux rives de l'Orne par contre, de nombreuses carrières à ciel ouvert ont été ouvertes à diverses époques sur le plateau, souvent abandonnées et grossièrement remblayées, pouvant obstruer des puits d'extraction inconnus.

Une reconnaissance systématique du sous-sol de l'agglomération caennaise, tant sur le plateau qu'au fond de la vallée, est donc un préalable impératif à tout projet de construction importante. Loin d'être toujours un obstacle, la découverte d'une carrière souterraine à l'aplomb d'une construction peut inspirer parfois le maître d'œuvre : ce fut notamment le cas pour le grand amphithéâtre Copernic de l'université de Caen, utilisant judicieusement le volume d'une chambre d'extraction souterraine dépendant du réseau des carrières Saint-Julien et découverte au cours des travaux de terrassement.

Pays d'Auge

Le remblaiement quaternaire de la vallée de la Dives dans le bas-pays d'Auge présente les mêmes caractéristiques géotechniques que celui de la basse-vallée de l'Orne : il correspond donc à l'équivalent de la première zone dans le paragraphe précédent. Mais il nécessite plus d'attention de la part des géotechniciens, du fait que le substratum de la vallée est ici argileux ou silto-argileux au lieu d'être calcaire, donc plus plastique et compressible.

Par ailleurs, le haut-pays d'Auge est constitué d'une épaisse série argileuse jurassique (marnes callovo-oxfordiennes) surmontée à l'Est par des calcaires oolithiques et récifaux formant une première corniche, érodée et recouverte par des couches sableuses et argileuses, glauconieuses, gorgées d'eau (Sables verts, Glauconie de base), précédant la seconde corniche constituée par les craies du Cénomanién, généralement décalcifiées à leur sommet pour donner une couverture superficielle d'argile à silex.

D'une part, la nappe aquifère perchée, retenue à la base du Crétacé discordant, se traduit à l'affleurement par un alignement de sources. Ces émergences de la nappe sont à l'origine de nombreux glissements en masse, de panneaux des deux corniches par suite du travail de sape des eaux et donnent naissance à des coulées boueuses et pierreuses. Ces phénomènes ont été intensément développés dans le Pays d'Auge à la fin de la dernière glaciation, sous climat périglaciaire et il est probable que les plus grands glissements ont été initiés dès la fin du Weichsélien. Le relief fini-glaciaire des vallées du Pays d'Auge s'est alors trouvé considérablement adouci par ces nappes de colluvions, souvent en fonction de l'exposition des versants (vallées aujourd'hui dissymétriques). Les constructions, même ancrées dans les calcaires sous-jacents, peuvent l'être — comme cela fut constaté à maintes reprises — sur des panneaux glissés en contre-bas des corniches : le poids de la construction et le rejet des eaux usées dans le sous-sol peuvent alors accélérer le glissement et entraîner la destruction des bâtiments. Ces phénomènes naturels d'érosion et d'évolution des versants sont admirablement illustrés dans les falaises littorales, entre Houlgate et Villers-sur-Mer.

Dans ces conditions, une étude géotechnique sérieuse est nécessaire pour connaître la position et les qualités géologiques des terrains à bâtir dans le Pays d'Auge comme sur le reste du territoire de la feuille.

SUBSTANCES UTILES

Matériaux de construction et d'ornementation

Calcaires

● « *Pierre de Caen* ».

Cette belle pierre noble, blanchâtre, à grain fin, est facile à tailler et se sculpte bien. Onze millions de mètres cubes de cette pierre ont été extraits du sous-sol dans l'agglomération caennaise, dont plus de la moitié provient des carrières souterraines creusées sous la ville, sur plus de 300 hectares cartographiés. De nombreuses carrières à ciel ouvert se sont trouvées rebouchées ou peu à peu recouvertes de constructions ou de parcs, intégrées au tissu urbain, mais quelques fronts de taille se dressent encore ici ou là pour trahir leur présence dans les quartiers de la Cavée, Vaucelles, Demi-Lune, Charmettes, Clopée, Calix, rue Basse, Vaugueux, Saint-Julien-Château, jardin des Plantes, Venoix, la Maladrerie,.... L'exploitation remonte au moins aux Gaulois et à l'occupation romaine. Elle s'est considérablement développée sous Guillaume le Conquérant et les Ducs normands pour la construc-

tion des grands monuments religieux, militaires et civils, tant en Normandie qu'en Angleterre. Largement utilisée par la suite et même exportée jusqu'au début du XIX^e siècle, cette pierre fut progressivement abandonnée il y a 150 ans. L'exploitation connut alors bien des aléas ; un renouveau temporaire se confirma lors de la reconstruction de la ville en ruines après la seconde guerre mondiale ; puis une nouvelle récession s'accusa il y a une vingtaine d'années. Tout récemment, une des carrières souterraines de la Maladrerie a été réouverte pour la taille, à partir des stocks laissés sur place, des pierres de parement du musée Mémorial.

Longtemps, l'exploitation se pratiqua à partir de galeries horizontales percées dans le versant des vallées ou de puits verticaux creusés sur le plateau voisin, débouchant les unes et les autres dans une chambre d'extraction, à galeries orthogonales ménageant des piliers à section carrée pour soutenir la voûte. Les blocs de pierre, taillés sur place, étaient tirés jusqu'au jour ou jusqu'au puits d'où ils étaient treuillés à la surface. Exposée aux intempéries pendant plusieurs mois, voire des années, la pierre était « ressuyée de ses eaux de carrière » : par évaporation des eaux interstitielles, un film protecteur de calcite durcissait les faces des blocs. Lorsque l'extraction atteignait les limites de transport des blocs, dans des galeries trop éloignées du puits d'accès, ce dernier était grossièrement comblé ou rebouché par des blocs coincés. Un nouveau puits était creusé plus loin. L'anarchie de cette exploitation se traduit dans le contour des zones exploitées et la découverte de carrières non détectées en surface, mais souvent reliées aux exploitations voisines par des chatières. Une cartographie détaillée des carrières souterraines est tenue à jour par les services municipaux.

Seule la partie moyenne du Calcaire de Caen fut exploitée activement sur 6 à 8 m de hauteur maximum, juste au-dessous des bancs de silex marquant la limite inférieure du Calcaire de Creully. Chaque banc portait un nom et avait une destination préférentielle dans chaque groupe de carrières. Les utilisations furent nombreuses et variées suivant les propriétés physico-chimiques et pétrographiques (porosité, perméabilité, teneur en argile, cimentation, litage, densité, résistance,...). Cette pierre de construction, se façonnant aisément, servait ainsi en soubassement, fondations, moellons, pierre de taille ou pierre sciée, balcons, seuils, corniches, linteaux, marches ; comme pierre d'ornementation, elle fournit des dallages, pavages, parements et se prête à la sculpture (bas-reliefs, statues). Ses déchets broyés ont permis la fabrication de briques claires (par agglomération) et de chaux. Des boulets de guerre furent taillés au Moyen Age dans ce calcaire ; d'autre part des sarcophages et monuments funéraires sont fabriqués dans cette pierre.

Ce calcaire est recoupé par des fractures N 110 et par des décrochements, généralement à faible rejet. Il est creusé de conduits karstiques, avec remplissage argileux et localement circulation d'air (Banc des airs) et d'eau.

A la suite d'effondrements et d'accidents mortels dans les carrières souterraines, la Préfecture fixa un règlement d'exploitation en 1838, stipulant que les piliers devaient mesurer en section 3 m sur 3 m au minimum et que leur espacement ne devait pas dépasser 7 m pour assurer une portée de chaque portion de 100 m² de voûte par un pilier de 9 m² de section. Mais ces

contraintes ne furent guère respectées à cette époque et, ultérieurement, certains piliers furent exploités ou naturellement altérés.

La densité et la porosité de la Pierre de Caen varient d'un banc à l'autre et d'une carrière à l'autre. D'autre part, la résistance à l'écrasement diffère si la pierre est sèche ou mouillée.

Carrières souterraines	Poids en kg au m ³		Résistance à l'écrasement en kg/cm ²	
	sec	mouillé	sec	mouillé
Fleury-sur-Orne (moyenne sur 6 échantillons)	1 929	2 147	200	108
La Maladrerie (moyenne sur 7 échantillons)	1 924	2 214	156	110

Des fissures apparaissent avec une charge de 98,6 kg/cm² et l'écrasement commence à 108 kg/cm² sur les échantillons mouillés.

La saturation en eau augmente le poids de 11 % et diminue la résistance de 46 % à Fleury ; à la Maladrerie, elle augmente le poids de 14 %, mais ne diminue la résistance que de 29 %. A Fleury, la roche est moins poreuse qu'à la Maladrerie, mais elle est plus argileuse et tend à se délayer en donnant une boue. Dans les piliers réglementaires, hauts de 5 à 6 m, la pression dans la roche reste entre 42 et 43 kg/cm², c'est-à-dire 1/3 à 1/4 de la charge d'écrasement (Lecornu, 1887). Des études plus récentes sont en cours à titre expérimental par le CNRS et le CETE. Ces carrières souterraines ont servi d'abris pendant la dernière guerre ; certaines sont converties en caves, d'autres en champignonnières (Fleury-sur-Orne). La longue histoire de cette pierre de taille et ses multiples utilisations pourront vraisemblablement être présentées au public dans une carrière-musée (en projet).

● **Autres pierres de taille, autres utilisations.**

Le Calcaire de Creully, taillé et scié, peu gélif, a servi à construire de nombreux murs dans la Campagne et la ville de Caen. Le Calcaire de Blainville (ou de Colombelles) et le Calcaire de Ranville ont fourni d'importants volumes de pierre de taille et de moellons pour les aménagements portuaires et les quais du canal de Caen à la mer, ainsi que de la pierre à chaux. Le second est encore activement exploité à Ranville pour la fabrication du ciment : les calcaires du Bathonien supérieur sont mélangés aux marnes du Callovien inférieur (Ciments français).

Les calcaires à stratification oblique du Bathonien supérieur se débitent bien en plaquettes (Calcaire de Ranville, Calcaire de Langrune) et constituaient autrefois le matériau idéal pour la construction des murs coupe-vents, en particulier sur la côte.

Les calcaires de l'Oxfordien moyen, peu accessibles et peu développés n'ont pas été autant exploités qu'au pourtour du mont Canisy à l'Est.

Quant aux craies cénomaniennes, elles ont donné lieu à l'extraction à ciel ouvert, ou souterraine, d'une pierre très (trop) tendre et gélive dans le Pays d'Auge autour de Gonneville-sur-Mer, Saint-Vaast-en-Auge (Riqueville) et Dozulé (Douville). La chaux tirée de ces craies était de mauvaise qualité.

Sables

Cette région manque de sables quartzeux. Seuls les sables coquilliers récents de l'embouchure de l'Orne ont fait traditionnellement l'objet d'une exploitation suivie. Autrefois transportés par barges sur l'Orne jusqu'à Caen, ils servaient à la fabrication de mortiers. De nos jours, périodiquement, pour désensabler l'estuaire de l'Orne et le chenal d'accès au port de Caen-Ouistreham, qui se comportent comme de véritables pièges pour les sables de plage entraînés vers l'Est par la dérive littorale, des prélèvements sableux limités et contrôlés, soumis à décision préfectorale, sont autorisés par la DDE (Services maritimes) dans la région de Merville.

Argiles

Les Marnes d'Escoville et d'Argences (Callovien inférieur) sont extraites entre Escoville et Touffréville par la cimenterie de Ranville ; mélangés aux calcaires du Bathonien supérieur, ces marnes et calcaires argileux entrent dans la fabrication du ciment.

Par ailleurs, depuis près de deux siècles, ces Marnes d'Escoville et d'Argences sont traditionnellement exploitées pour alimenter les tuileries et briqueteries du Pays d'Auge dont les hautes cheminées jalonnaient les buttes-témoins : Bavent (l'Arbre-Martin), Escoville, Touffréville, Sannerville, Troarn et le Fresne-d'Argences. Diverses poteries utilitaires, sanitaires ou ornementales (faïtières, statuettes,...) sont encore façonnées localement (Bavent).

Autrefois, les Marnes de Dives, du Callovien supérieur, étaient également utilisées pour cuire la brique et la tuile, notamment à Beuzeval (entre Houlgate et Dives), à Goustranville et à Dozulé.

Toutes ces marnes sont constituées d'illite et de kaolinite dominantes.

Terre à briques

Les limons quaternaires ont par ailleurs été exploités toujours dans le Pays d'Auge, autour de la Croix-d'Heuland.

Matériaux d'empierrement

Calcaires

Le Calcaire de Caen, le Calcaire de Blainville et le Calcaire de Ranville sont largement employés pour les remblais et les sous-couches (chaussées) du réseau routier et auto-routier régional. Les carrières de la basse-vallée de

l'Orne sont encore épisodiquement utilisées, en dehors des emprunts localisés et de la réutilisation des déblais.

Cailloutis

Les placages d'alluvions pléistocènes de la Dives coiffant les buttes-témoins du bas Pays d'Auge furent recherchées autrefois pour l'empierrement des chemins dans les bois de Bavent et près de Saint-Pair. Gravier, galets et blocs de grès paléozoïques, de silex jurassiques et crétacés, de calcaires divers composaient ces alluvions riches en glauconie et sables quartzeux.

Quelques carrières locales ont extrait les silex des argiles à silex du haut-pays d'Auge pour le même usage.

Combustibles

Tourbes

Des lentilles tourbeuses sont connues à l'affleurement sur les plages entre Luc et Villers-sur-Mer ; d'autres sont signalées par sondages sur ce littoral et dans le remblaiement holocène des basses-vallées de l'Orne et de la Dives. Dans l'agglomération caennaise, plusieurs dépôts de tourbes ont été traversés par divers grands travaux d'aménagement (bassin minéralier du port de Caen, parc souterrain pour automobiles place de la République, terrassements d'immeubles), et en aval dans la vallée, elles ont été draguées au plancher du canal de Caen à la mer.

Le plus ancien niveau de tourbe surmonte la nappe alluviale des graviers de fonds. A Bénouville, c'est une tourbe presque noire, dure, lamelleuse à l'état sec, avec rares débris végétaux macroscopiques (bois, radicules) et fraction minérale abondante. Le spectre pollinique est dominé par le pin et le bouleau, indiquant la fin du Boréal. L'épaisseur de ces lentilles basales varie de 20 cm à près de 3 m.

Les tourbes intercalées plus haut dans les vases flamandaises (Fz) sont pures, sombres, friables à l'état sec. Elles sont formées par une accumulation de végétaux de marécages (roseaux, joncs) associés à des racines, feuilles et tiges de diverses essences d'arbustes et d'arbres (chêne, noisetier, orme, saule, tilleul, aulne, etc.) avec quelques fruits, graines, restes de mousses, spores de fougères, algues microscopiques et pollens. Les cortèges polliniques permettent de retracer l'histoire de la végétation depuis la dernière glaciation.

Sur la côte, aux deux extrémités du littoral étudié, au ruisseau du Moulin de Luc et à Villers-sur-Mer, de grands troncs d'arbres sont renversés à la base des dépôts de tourbes qui contiennent par endroits des mollusques d'eau douce (planorbes, limnées) ou des ossements de vertébrés (cerf, chevreuil, sanglier, cheval, chien) et des restes d'insectes.

Les tourbes littorales ont été autrefois exploitées par les pêcheurs et celles de la basse-vallée de la Dives, l'ont été surtout en amont de Cléville (feuille Mézidon).

Gîtes minéraux

Minerai de fer ordovicien

Parmi les caractéristiques fondamentales du synclinal de Ranville mises en évidence par les campagnes de prospection minière effectuées de 1958 à 1962 par la Société des mines de Soumont et le Laboratoire de géologie de l'université de Caen (Dangeard et Rioult 1959 ; Dangeard, Doré et Rioult, 1962 ; Dangeard, Doré et Juignet, 1962 ; Dangeard, Rioult et Doré, 1963 ; Rioult et Riby, 1963 ; Doré, 1971), l'existence du minerai de fer et de son évolution spatio-temporelle dans le flanc sud de ce pli a constitué le résultat majeur attendu (*cf.* Description des terrains non affleurants, fig. 1-2).

Le minerai de fer repose directement sur le toit érodé et localement démantelé des « Grès feldspathiques » cambriens dans le secteur occidental du synclinal. Mais il en est séparé par la base des Schistes d'Urville (ex-Schistes à calymènes) dans le secteur oriental : là, ces « Schistes du mur » s'épaississent vers l'Est et, dans la partie inférieure, apparaît le petit horizon-repère du conglomérat à dragées phosphatées, à 6 m sous le minerai (Saint-Samson I). Là encore, le minerai se dédouble, car une couche basale, puissante de 5 à 7 m, s'intercale sous la couche supérieure moins épaisse et plus variable, connue d'Ouest en Est, directement sous les « Grès du toit » (Touffréville IV) ou d'ordinaire sous les « Schistes du toit » et les « Grès du toit », de Touffréville I à Saint-Samson I, qui eux aussi augmentent d'épaisseur dans la même direction en se dichotomisant. Cette évolution stratigraphique et paléogéographique dans l'enregistrement sédimentaire ordovicien est tout simplement liée à la transgression llanvirnienne sur les reliefs résiduels fini-cambriens : elle est conforme à ce qui est connu plus au Sud dans les autres synclinaux bas-normands. En fait, c'est toute la succession lithostratigraphique de la base du Llanvirnien, fortement différenciée sur les fonds calmes orientaux, qui se condense à l'Ouest, à l'aplomb des surfaces d'érosion recoupant les Grès feldspathiques cambriens, alors encore émergées.

Ce minerai est constitué d'oolithes à nucléi formés de grains de quartz (base et partie supérieure) ou de grumeaux boueux, entourés de lamines concentriques de chamosite, plus ou moins hématisées ou épigénisées par de la sidérite. La matrice, boueuse ou gréseuse, est souvent difficile à distinguer du ciment, plus ou moins évolué diagénétiquement : tantôt chloriteux, tantôt hématique opaque, souvent formé de petits cristaux de sidérite distincts ou de plages plus ou moins étendues de sidérite claire recristallisée, entre les oolithes jointives ou flottantes, ou à cheval sur ces constituants. Les caractères minéralogiques et pétrographiques, sédimentologiques et diagénétiques sont tout à fait comparables à ceux des minerais bas-normands.

Les faciès oxydés, essentiellement composés d'hématite et de sidérite (brun chocolat, rose et rouge), à stratification oblique, se cantonnent plutôt au tiers inférieur, tandis que les faciès réduits plus sombres (tacheté, bleu-noir) riches en chlorite et sidérite, sont affectés par une intense bioturbation, qui se prolonge dans les schistes et grès du toit.

Mises à part ses limites inférieure et supérieure, enrichies en grains de quartz, le minerai présente des teneurs en fer total de 35 à 53 % (Bavent I) pour une teneur en silice de 8 à 25 %.

De beaux panneaux, apparemment peu fracturés, relativement peu pentés (20 à 370 NNE) s'étagent ainsi, entre Touffréville, Bavent et Saint-Samson, à des profondeurs variant de 389 m (maximum) pour la seconde localité jusqu'à 175 m (minimum) pour la dernière. Dans le contexte paléogéographique de l'Ordovicien régional, la concentration ferrifère semble à son maximum entre les vallées de l'Orne et de la Dives.

OCCUPATION DU SOL

PRÉHISTOIRE—PROTOHISTOIRE

Divers vestiges squelettiques d'animaux, plus rarement d'hommes fossiles, des outils, objets ou constructions pré- et protohistoriques sont signalés dans les terrasses marines et les tourbières littorales, à la base des limons sur les plateaux et dans les sédiments remblayant les grandes vallées fluviales.

Ainsi quelques bifaces de tradition acheuléenne, en silex bathonien régional, ont été récoltés autrefois, trop souvent sans précision sur le contexte stratigraphique, sauf dans le cas des terrasses marines de Luc-sur-Mer (Hue, 1928), de Saint-Aubin-sur-Mer (Boutillier, 1877) et dans la nappe des graviers de fond de la vallée de la Dives, à Quetteville (Elhaï et Journaux, 1956). Dans ces trois sites, ces outils accompagnaient des ossements de grands vertébrés : *Rhinoceros tichorhinus* et/ou *Elephas primigenius*. Un squelette presque complet de la première espèce a été trouvé à la base des limons quaternaires à Venoix (Eudes-Deslongchamps, 1862) et un fragment de défense de la seconde espèce est signalé dans les alluvions anciennes de la Dives à Corbon (Legrand, 1835).

D'autres ossements ont été découverts à plusieurs reprises soit dans les sédiments fluvio-marins colmatant les basses-vallées de l'Orne et de la Dives, soit dans les marécages côtiers, soit à la base des limons : mammifères marins (*Hyperoodon*, *Balaenoptera*) et terrestres (cervidés, capridés, bovidés, canidés) dans les dragages du canal de Caen à la mer, entre Bénouville et Ouistreham (Mercier, 1934 ; récoltes et observations ultérieures), cervidés et bovidés dans les tourbes du sous-sol caennais rues Saint-Pierre et Saint-Jean 1953-1958, parc souterrain place de la République en 1975), ou marais de Colleville-Montgomery (Eudes-Deslongchamps, 1835), équidés des limons de la rive gauche de l'Orne (rue de Bretagne, Venoix, jardin des Plantes, rues de Bagatelle, des Chanoines, Basse : Eudes-Deslongchamps et Morière, 1853). Les limons weichséliens du vallon remblayé de la Brèche du

Corps de garde à Luc-sur-Mer ont livré, à leur contact avec le Bathonien, un humerus de bovidé (Hue, 1928) et des ossements de petits rongeurs. Au cours du creusement d'un canal de dérivation des eaux de la Dives, près de Dives, une tête complète et divers ossements de cétacé, rapporté au genre *Globicephalus*, ont par ailleurs été récoltés.

Les restes humains sont plus rares et les découvertes faites au siècle dernier ne sauraient être considérées sans esprit critique étant donné les conditions de récolte et le peu de renseignements utilisables subsistant aujourd'hui après la disparition de ces pièces. Deux crânes ont en effet été brièvement décrits et attribués par Hamy (1879, 1880) à des races néolithiques. Le premier, dolicocephale, aurait été trouvé dans la nappe des graviers de fond de l'Orne, creusée pour la fondation d'une des piles du pont de Vaucelles, à Caen. Le second, brachycéphale, a été remonté par la drague, avec un fémur (et divers ossements de cétacés) lors de l'approfondissement du canal de Caen à la mer, face au camp romain de Bénouville, au lieu-dit le Maresquet : il provenait peut-être du niveau à débris de mammifères marins signalé précédemment dans le remblaiement de la basse-vallée de l'Orne et de la Dives.

De tourbes affleurant sur la plage de Villers-sur-Mer provient un bâton de commandement en bois de cerf. Les haches en pierre polie (silex bathonien ou diorite) sont citées en de nombreux sites.

Ce sont surtout les fouilles modernes de sépultures sur les plateaux des deux rives de l'Orne qui nous renseignent sur les peuplements préhistoriques de la région, provenant, au Néolithique ancien, d'une migration venue de l'Est (courant danubien) : les squelettes humains sont de type méditerranéen ibéro-insulaire, avec quelques caractères négroïdes. Cette population est stable et s'enrichit de quelques apports à la fin du Néolithique (Dastugue, 1976). A l'Est de Caen, des sépultures ont été mises à jour à la fin du siècle dernier, dans une ballastière ouverte à la faveur de la construction d'une ligne de chemin de fer de Caen à Dozulé : crânes et ossements humains étaient associés à des restes animaux (bovidés), des anneaux et fibules de bronze, des tessons de poterie grossière, faite à la main et mal cuite : ces matériaux ont malheureusement été détruits dans la collection de la Société des antiquaires de Normandie en 1944. Des cachettes de l'âge du Bronze furent signalées notamment à Caen (Gosselin, 1938). Mais ces trouvailles demandent à être confirmées par des sites nouveaux.

D'autres sépultures fouillées à Ifs (Varoqueaux, 1966) renfermaient des objets de fer et ont été rapportées au Hallstatt final (6^e/5^e siècle avant notre ère), donc plus récentes. Un atelier d'âge voisin a livré à Escoville en 1877 (Coutil, 1903), dix-huit haches de bronze de formes diverses, verdies, portant toutes des traces de martelage et de limage, associées à trois enclumes carrées, deux marteaux de fer, des limes, un ciseau à douille et divers outils oxydés méconnaissables, ainsi que trois lingots de cuivre en forme de tronc de pyramide (base de 12 cm de côté ; hauteur de 18 cm). Des indices d'extraction du sel marin ont été mis à jour à Luc-sur-Mer (Edeine, 1962), probablement de cet âge.

Par contre, des vestiges de fours pour extraire le sel, accompagnés de poteries et de céramiques fines de la Terre finale sont connus à Villers-sur-Mer (Caillaud et Lagnel, 1964).

Le nombre de sites archéologiques gaulois et romains (villas, temples, substructions, voies, fermes et cimetières) s'accroît chaque année et fait l'objet d'un inventaire et d'une cartographie systématique par repérage aérien.

Les seuls restes humains dûment datés sont les ossements d'une femme trouvés dans les fouilles de la salle des gardes (abbaye aux Hommes) à Caen remontant au III^e siècle avant notre ère d'après les données radiochronologiques au ¹⁴C.

VÉGÉTATION ET PAYSAGES

Les conditions de sol, et donc les substrats, jouent un grand rôle dans la répartition des espèces végétales et des types de végétation. Cette relation écologique apparaît nettement sur la feuille Caen, aux grands ensembles géologiques contrastés, et ceci malgré un profond impact humain, lequel a même parfois accentué les oppositions.

Campagne (ou « plaine ») de Caen.

Domaine des grandes cultures, cet ensemble présentait autrefois une riche flore messicole (« mauvaises herbes » des moissons) à l'intérieur de laquelle on pouvait distinguer des nuances suivant la nature du sol : limons épais, francs, ou, au contraire, minces, mélangés de cailloutis calcaires et de matériaux d'altération du Bathonien. Jusque vers 1960, les bluets, nielles, spéculaires, scandix, grémils des champs, chrysanthèmes des moissons, etc. égayaient les cultures, mais l'emploi généralisé des herbicides en agriculture moderne a fait disparaître presque totalement cette composante floristique semi-sauvage.

Quelques bermes et talus, et surtout ce qu'il reste des coteaux de la vallée de l'Orne (Fleury, Colombelles, Ranville) hébergent encore d'assez belles pelouses calcicoles avec l'essentiel de leur cortège caractéristique : brome érigé, séslerie, cirse acaule, carline, hippocrepis, origan, buplèvre en faux, orchidées, etc.

Les falaises littorales de Saint-Aubin, Luc, Hermanville, en dehors de la betterave maritime, ne présentent rien de bien particulier d'un point de vue végétation terrestre.

Une enclave très originale, à l'Est, se trouve occupée par les marais de Saint-Pierre-Oursin. Une assez riche végétation de bas-marais alcalin peut y être observée ainsi qu'une abondante flore aquatique dans le réseau de drainage : roseaux, laïches diverses, marisque, cirse maraîcher, hydrocotyle, valériane, pigamon jaune, lysimaque vulgaire, potamots, nénuphars, lentilles d'eau, etc.

Estuaire de l'Orne

A ce niveau de côte basse, le contact milieu marin—milieu continental induit le développement de biotopes très particuliers.

Des flèches sableuses ont évolué en véritables dunes, parfois très étendues, comme à Merville-Franceville. Ce que l'urbanisation balnéaire et les terrains de camping ont délaissé constitue encore un ensemble remarquable avec :

- des dunes vives, à oyat, élyme des sables, euphorbe des dunes, cakilier, glaucière, etc., assez basses et en remaniement perpétuel, mais plutôt en phase d'érosion actuellement ;
- des dunes fixées, soit à herbes et mousses (kœlerie blanchâtre, fléole des sables, céraistes divers, euphorbe de Portland, érodium glutineux, aspérule à l'esquinacie, silène conique, tortule, etc.), soit à argousier, ce dernier en vastes peuplements souvent impénétrables. Signalons que cet argousier, arbuste caractéristique des dunes nordiques, occupe probablement là sa limite de répartition naturelle vers l'Ouest et le Sud ;
- quelques dépressions humides à saule rampant, molinie, choin, épipactide des marais, etc. ;
- des bois dunaires riches et divers.

Par sa disposition en « chicane », l'embouchure du fleuve favorise l'accumulation de vases très fines. Longtemps fangeuses et dépourvues de végétation, elles finissent par se laisser coloniser et on observe, souvent en succession atypique par suite de remaniements liés aux variations du régime des courants, tous les niveaux caractéristiques avec leur végétation associée :

- le chenal ou basse-slikke, sans végétation visible ;
- la haute-slikke, à spartine et salicornes ;
- le bas-schorre, à aster et glycérie maritime ;
- le haut-schorre, à obione, statice, plantain maritime, le plus souvent dans une variante humide à cranson d'Angleterre, troscart, glaux, jonc de Gérard, etc., avec passage à une roselière saumâtre.

Marais de la Dives

Les grandes étendues alluvionnaires de la vallée de la Dives, basses, à peu près plates et inondées presque tous les hivers pendant de longues périodes, constituent le domaine du marais et de sa flore tout à fait particulière. La végétation dominante est la prairie mais, dans le détail, de nombreuses nuances peuvent se distinguer, en particulier en fonction de la micro-topographie (qui détermine le régime des inondations et l'humidité plus ou moins grande du sol) et de l'utilisation agricole (pâture ou production de foin). Un autre facteur écologique auquel les plantes sont très sensibles réside dans la nature du substrat qui peut être purement minéral ou, au contraire, plus ou moins mélangé de tourbe.

De véritables marais tourbeux, de réaction alcaline, existent d'ailleurs entre Saint-Samson et Goustranville. On y observe de nombreuses laïches

particulières, le cirse d'Angleterre, la gesse des marais, le scorsonère, la tormentille, la fougère *Thelypteris palustris*, etc.

La Dives elle-même ne présente pas de flore remarquable, mais les bras-morts, les mares et le réseau de drainage recèlent, dans leurs eaux et sur leurs berges, une extraordinaire diversité de végétaux : potamots, myriophylles, élodée, grenouillettes, hottonie, butome, sagittaire, trèfle d'eau, rubaniers, guimauve, balsamine géante, etc.

En arrière de dunes littorales étroites et bien dégradées, le marais devient un peu saumâtre et la flore change encore.

L'estuaire de la Dives présente quelques étendues de prés salés qui hébergent l'unique population d'armérie maritime du département.

A l'Ouest des marais, la butte d'alluvions anciennes de Bavent est caractérisée par le bocage et surtout une vaste couverture boisée. Le bois de Bavent se révèle très hétérogène dans ses formations végétales :

- chênaie sessiliflore acidiphile sur le plateau, avec fougère-aigle, muguet, canche flexueuse, houque molle, anémone sylvie, etc. ;
- chênaie mixte (chêne sessile et chêne pédonculé), sur les pentes comprenant un peu de hêtre et avec un cortège moins acidiphile, à noisetier, euphorbe des bois, arum, primevère élevée, etc. ;
- frênaie-aulnaie au fond des vallons, à flore plus hygrophile et neutrophile, avec mercuriale vivace, ail des ours, circée, listère, parisette, etc. ;
- nombreux faciès de dégradation à bouleau et enrésinements par pin sylvestre, épicéa commun ou sapin de Douglas.

Cuesta du Pays d'Auge

Cet escarpement supporte le paysage végétal traditionnel augeron, fait de bocage et de prairies complantées de pommiers. Par endroits, le maillage s'est éclairci et quelques cultures rompent maintenant son homogénéité, mais l'essentiel demeure.

Seul massif forestier notable, le bois de Dozulé rappelle beaucoup celui de Bavent par sa composition floristique. Par ailleurs, des kilomètres de haies et de chemins creux constituent autant de refuges pour une riche flore sylvatique : mélique uniflore, pâturin des bois, fragon, daphné, jacinthe, laurier jaune, renoncule tête-d'or, iris fétide, surelle, etc.

Quelques coteaux, talus ou anciennes carrières amenant les calcaires ou marnes à l'affleurement permettent l'installation de nombreuses espèces calcicoles, notamment aux expositions Sud.

Au contact de la mer, la cuesta plonge brusquement en falaises déchiquetées, spectaculaires et uniques : les Vaches-Noires. Le front calcaire, suivant la topographie, s'orne de lambeaux de pelouses calcicoles ou de bois neutrophiles. En-dessous, sur la glauconie ou dans les ravines creusées dans les argiles, prospèrent de nombreuses hygrophiles : laïches et joncs divers,

grande prêle, épilobe hirsute, eupatoire, troscart palustre, tussilage, séneçon à feuilles de roquette, chlora, etc. Les buissons envahissent une partie des pentes argileuses et il faut y noter l'abondance de l'argousier.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

Des renseignements complémentaires et en particulier deux itinéraires d'excursion peuvent être trouvés dans le **guide géologique régional : Normandie-Maine** par F. Doré, C. Larssonneur, C. Pareyn, M. Rioult, P. Juignet, Masson (Paris), 2^e édition (1987), p. 52-57 (*itinéraire 2b* : la côte du Calvados) et p. 61-63 (*itinéraire 2c* : le Pays d'Auge).

Site géologique de la ville de Caen

La ville de Caen s'est établie à proximité d'un gué sur l'Orne et autour du château de Guillaume-le-Conquérant construit au XI^e siècle sur l'éperon rocheux de Darnétal qui rétrécit la vallée. Avec ses monuments historiques, civils et religieux, et ses constructions en « pierre de Caen », elle s'étend de part et d'autre à la conquête des plateaux voisins. En dehors de ce site lui-même, une partie des activités industrielles et portuaires de l'agglomération fut longtemps tributaire de la géologie locale (extraction à ciel ouvert et en carrières souterraines de la pierre de taille et de la pierre à chaux à partir des calcaires bathoniens affleurant dans la ville) et régionale (traitement et exportation du minerai de fer ordovicien exploité au Sud de Caen).

Avec ses équipements touristiques, ses musées et ses bibliothèques, Caen constitue le pivot le plus pratique pour une découverte géologique des différents secteurs du territoire cartographié. Les différents organismes spécialisés qui ont collaboré à l'établissement de ce document y ont d'ailleurs leur siège.

Panoramas géologiques et géomorphologiques recommandés

- *Pour le site de Caen* : des remparts du château ; de la terrasse de la cité universitaire, au Sud du stade ; du haut de la rue de la Délivrante ou du viaduc de la Cavée.
- *Pour découvrir la Campagne de Caen* :
 - au Nord, depuis le carrefour de la D 220 (Periers-sur-le-Dan—Colleville-Montgomery) et de la D 60 (Biéville—Hermanville) ;
 - l'estuaire et la basse-vallée de l'Orne depuis le sommet du phare de Ouis-treham (payant, mais excellent par beau temps) ;
 - les routes de Ranville à l'Arbre-Martin (D 224), de Sainte-Honorine-la-Chardonnerette à Hérouvillette (D 513), de Cuverville à Escoville (D 228), de Colombelles à Sannerville (D 226), de Cagny à Moulton (N 13), d'Émieville à Bellengreville (D 227) sillonnent la surface structurale du Bathonien supérieur calcaire qui s'ennoie sous les marnes calloviennes des buttes-témoins de l'avant-pays d'Auge, jalonnées par les cheminées des tuileries ;

— au Sud, belles échappées depuis le sommet des buttes-témoins, parcouru par la D 37 entre l'Arbre-Martin et Saint-Pair-du-Mont.

● *Pour découvrir la Vallée d'Auge :*

— l'estuaire de la Dives depuis le panorama de la route d'Houlgate à Auber-ville par la corniche ou de la table d'orientation de Beuzeval, au sommet de la Butte-Caumont ;

— de la sortie est de Troarn ou de la sortie ouest de Saint-Samson (N 815) ;

— panorama de la chapelle de Clermont-en-Auge sur le rebord de la cuesta du Pays d'Auge et traversée de Beuvron-en-Auge à Saint-Pierre-du-Jonquet par la D 117 ;

— panorama depuis la côte de N.-D. d'Estrées (D 50) à l'Est du carrefour Saint-Jean.

● *Enfin, pour découvrir le Pays d'Auge :*

— promenade à pied (bien chaussé) d'Houlgate à Villers-sur-Mer par la plage (choisir de partir à la marée descendante de vive-eau, se renseigner sur place) ;

— musée paléontologique de Villers-sur-Mer, place J. Mermoz à Villers-sur-Mer : ouvert en saison (juin-septembre) comme le syndicat d'initiative ; hors-saison sur demande préalable au S.I. ou à la mairie (présentation en français et en anglais sur bande magnétique) ;

— la cuesta du Pays d'Auge peut être bien vue de Varaville, Goustranville, Brocottes, Beuvron, Hotôt, Corbon ;

— les vallons de Grangues, de Cricqueville-en-Auge, de Douville-en-Auge, de Beuvron-en-Auge, Victot-Pontfol, Grandouët, Crèvecœur-en-Auge (musée Schlumberger : l'aventure de la géophysique appliquée, en limite sud-est).

BIBLIOGRAPHIE

Généralités régionales

BIGOT A. (1913) — La Basse-Normandie. Avant-Pays d'Auge, Calvados, Cotentin. *Rev. géogr. annuelle* (Paris), VII (3) ; 1-84, 42 fig.

BIGOT A. (1942) — La Basse-Normandie. Esquisse géologique et morphologique. Imp. Le Tendre (Caen) : 123 p., 26 fig., 45 pl., 3 cartes.

DANGEARD L. (1951) — La Normandie. Coll. « Géologie régionale de la France ». Hermann et C^o Édit. (Paris) : 241 p., 27 fig., 7 pl., 1 carte h.t.

DORE F., JUIGNET P., LARSONNEUR C., PAREYN C., RIOULT M. (1977) — Normandie. Guides géologiques régionaux. Masson (Paris) 207 p., 12 pl. (2^e édition : Normandie-Maine, 1987).

ELHAI H. (1963) — La Normandie occidentale entre la Seine et le Golfe normand-breton. Étude morphologique. Thèse, imp. Bière (Bordeaux), 624 p., 136 fig.

EUDES-DESLONGCHAMPS E. (1865) – Études sur les étages jurassiques inférieurs de la Normandie. Thèse doct., univ. Paris et *Mém. Soc. linn. Normandie*, XV, 1864 (1865) : 296 p., pl. I-III, 49 fig.

FÉLICE R. de (1907) – La Basse-Normandie. Étude de géographie régionale. Thèse doct. État, univ. Paris et Hachette éd. (Paris).

GRUPE FRANÇAIS D'ÉTUDE DU JURASSIQUE (1980) – Synthèse paléogéographique du Jurassique français. *Documents Dépt. Sci. Terre, Univ. Lyon*, hors-Série, n° 5. (Voir Normandie-Maine-Manche : M. Rioult et G. Fily).

HARLÉ H. (1853) – Aperçu de la Constitution géologique du département du Calvados. Annuaire du Département pour 1853. Imp. de la Préfecture (Caen) : 31 p.

HÉBERT E. (1857) – Les Mers anciennes et leurs rivages dans le Bassin de Paris ou classification des terrains par les oscillations du sol. Première partie. Terrain jurassique. Thèse doct., univ. Paris, et Hachette (Paris), 86 p., 10 fig.

HÉRAULT M. (1832) – Tableau des terrains du département du Calvados. Caen : 192 p.

MÉGNIEU C. *et al.* (1980) – Synthèse géologique du Bassin de Paris. Vol. I : Stratigraphie et paléogéographie. (C. Mégnien coord.) *Mém. BRGM*, 101, 469 p. Vol. II : Atlas (S. Debrand-Passard coord.) *Mém. BRGM*, 102. Vol. III : Lexiques des noms de formation (F. Mégnien coord.) *Mém. BRGM*, 103, 469 p. (Contributions de G. Fily, P. Juignet, C. Pareyn, M. Rioult).

MUSSET R. (1960) – La Normandie. A. Colin édit. (Paris), n° 345, 220 p.

VERRON G. (1976 a) – Les civilisations de l'Épipaléolithique et du Néolithique en Normandie. *In* : « La Préhistoire française » H. de Lumley (coord.), t. I, fasc. 2 : « Civilisations paléolithiques et mésolithiques. CNRS (Paris) : 1074-1077, 1 fig.

VERRON G. (1976 b) – Les civilisations néolithiques de l'Age du Bronze et l'Age du Fer en Normandie. *In* : « La Préhistoire française ». J. Guilaine (coord.). CNRS (Paris), t. I, fasc. 2 : « Civilisations néolithiques et protohistoriques », 387-401, 585-600, 802-805, (fig. 7-9).

Terrains masqués : le synclinal de Ranville

BASSOMPIERRE P. (1955) – Observations diverses sur la prospection gravimétrique de la bordure ouest du Bassin parisien. Présence probable de synclinaux siluriens et peut-être ferrifères au Nord de Caen. Rapport interne BRGM (Paris).

DANGEARD L., DORÉ F., JUIGNET P. (1962) – Sur la présence de poulingues à la base du minerai de fer ordovicien dans le synclinal de Ranville. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 255 : 737-738.

DANGEARD L., DORÉ F., RIOULT M. (1962) — Étude du synclinal cambro-silurien recouvert par le Jurassique au Nord de Caen (Calvados). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 254 : 3225-3226.

DANGEARD L., RIOULT M. (1959 a) — Observations sur les traces d'organismes fousseurs dans l'Ordovicien normand. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 1 : 270-276, 1 fig., 1 pl.

DANGEARD L., RIOULT M. (1959 b) — Présence du Trias au Nord de Caen (Calvados). *C.R. somm. Soc. géol. France*, 198.

DANGEARD L., RIOULT M. (1961) — Observations sur les traces d'organismes fousseurs dans les minerais de fer ordoviciens de Basse-Normandie et sur l'importance de la bioturbation. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 252 : 2271-2273.

DANGEARD L., RIOULT M., DORÉ F. (1963) — Observations et réflexions sur les minerais de fer ordoviciens de Basse-Normandie. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 257 : 2131-2133.

DORÉ F. (1969) — Les formations cambriennes de Normandie. Thèse doct. État, fac. Sci. univ. Caen, 5 vol., 790 p., 117 fig., 50 pl. (ronéotypé).

DORÉ F. (1971) — Prolongement du Paléozoïque sous le Jurassique du Nord de Caen : le Synclinal de Ranville. *Bull. BRGM*, (2), 1 : 77-96, 7 fig., 1 pl.

JOSEPH P. (1982) — Le minerai de fer oolithique ordovicien du Massif armoricain. Sédimentologie et paléogéographie. Thèse doct. ing., E.N.S.M. Paris, 325 p.

RIOULT M., RIBY R. (1964) — Examen radiographique de quelques minerais de fer de l'Ordovicien normand. Importance des rayons X en sédimentologie. *Bull. Soc. géol. France*, (7), V, 1963 (1964) : 59-61, pl. V.

Affleurements étudiés

ANTOINE M., MAZETIER G. (1921, 1924) — Tourbière littorale à Luc. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), IV, 1921 : 27 ; VII, 1924 : 54.

ARKELL W.J. (1930) — A comparison between the Jurassic rocks of the Calvados coast and those of Southern England. *Proc. Geol. Assoc.*, London, XLI : 396-411.

ARKELL W.J. (1935-1948) — Monograph on the Ammonites of the English Corallian beds. *Palaeontogr. Soc.* (London) : LXXXIV + 420 p., 78 pl.

ARKELL W.J. (1939) — L'Oxfordien de Normandie (Côtes du Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9), 1, 1938-1939 (1939) : 213-222.

AUBRY M.P., DÉPÈCHE F. (1974) — Recherches sur les Schizosphères : I. Les Schizosphères de Villers-sur-Mer. Variation morphologique, ultrastructure et modifications diagénétiques. *Cahiers Micropaléont.* (CNRS, Paris), 1 : 1-15, 8 pl.

- AUFFRET J.P., LARSONNEUR C., HOMMERIL P. (1977) — Paléovallées et bancs sableux entre l'Estuaire de la Seine et le Nord-Cotentin. *Bull. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, LXIV, (4) : 21-33, 4 fig.
- AUGER P., MARY G. (1968) — Glissements et coulées boueuses en Basse-Normandie. *Rev. géogr. phys. géol. dyn.* (Paris), X, (3) : 213-225, X fig.
- AUZEL M. (1959) — Matériaux pour l'étude des plages de Normandie. Thèse univ., Paris et *Rev. géogr. phys. géol. dyn.* (Paris), (2), II (suppl.) : 96 p.
- AZAM A. (1923) — Les limons de Basse-Normandie (Pays d'Auge, Calvados, Cotentin). *Rev. géogr.*, XI, (3) : 95 p., pl. I-XII, 27 fig. (pp. 55-60).
- BASSOMPIERRE P. (1942) — La tourbe dans le Calvados et principalement au nord de Caen. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen) (9), XI : 45.
- BASSOMPIERRE P., CARDINET J. (1939) — Présence de petits décapodes et d'Ophiures fossiles dans les falaises des Vaches-Noires à Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9), 1 : 82.
- BIGOT A. (1887) — Récentes découvertes d'objets préhistoriques aux environs de Caen. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), X, 1885-1886 (1887) : 183-187.
- BIGOT A. (1891) — Exemples de décalcification en Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (4), IV, 1890 (1891) : 59-61.
- BIGOT A. (1894 a) — Topographie et géologie du Calvados. In « Caen et le Calvados ». Assoc. Fr. Avanc. Sci., 23^e session, Caen. (Valin Édité.) : 1-54.
- BIGOT A. (1894 b) — Sur le Quaternaire des environs de Caen. *Bull. Soc. norm. ét. préhist.*, II : 58-64.
- BIGOT A. (1896) — Note sur les Reptiles jurassiques du Calvados. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (3), XXIV : 234-235 ; *Bull. Soc. géol. Normandie* (Le Havre), 1894-1895 (1896) : 23-35.
- BIGOT A. (1897) — Sur les dépôts pléistocènes et actuels du littoral de la Basse-Normandie. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, CXXV : 380-382.
- BIGOT A. (1898 a) — La vallée de l'Orne aux environs de Caen. *C.R. Cong. Soc. Sav.*, Paris, sect. Sci. : 249-251.
- BIGOT A. (1898 b) — Sur les divers ossements de Dinosaures jurassiques de Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (5), I, 1897 (1898) : XCIII-XCIV.
- BIGOT A. (1900) — Bathonien supérieur des environs de Caen. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (5), III, 1899 (1900) : XXXVIII-XXXIX.
- BIGOT A. (1901) — Callovien inférieur de Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (5), IV, 1900 (1901) : XXXIII.

BIGOT A. (1903) – Sur l'assèchement des régions calcaires des environs de Caen. Assoc. Fr. Avanc. Sci, 32^e session, Angers : 609-623, 6 fig.

BIGOT A. (1912) – Note pour servir à l'histoire physique de la Vallée de l'Orne. II. Tracés anciens et actuels de l'Orne. C.R. Congr. Soc. Sav. (1911), sect. Sci. : 11 p., 1 fig.

BIGOT A. (1913) – L'exploitation des mines de fer de la Basse-Normandie et le Port de Caen. *Bull. Soc. géol. Normandie* (Le Havre). XXXII, 1912 (1913) : 38-48 ; *Rev. Génér. Sci. pures appl.* (Paris), 24^e : 340-352.

BIGOT A. (1914) – Le littoral de la Normandie. Assoc. Fr. Avanc. Sci., 43^e session, Le Havre : 32-42.

BIGOT A. (1924) – Notice sur la géologie et les régions naturelles du Calvados, avec une carte au 1/320 000 et 3 coupes. In «L'Agriculture dans le Département du Calvados» par L. Hédiart, lib. Maison Rustique, Paris.

BIGOT A. (1927 a) – Les blocs exotiques des environs de Luc-sur-Mer d'après un travail de M. Edmond Hue. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), IX, 1926 (1927) : 93.

BIGOT A. (1927 b) – A propos des Ophiures et des Astérides du Bradfordien de Ranville. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), IX, 1926 (1927) : 21 et 79.

BIGOT A. (1927 c) – Failles et plis dans les terrains secondaires du Calvados. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), X : 33-42.

BIGOT A. (1927 d) – Les conditions de dépôt du Bathonien inférieur dans le Bassin et dans la région de Caen. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 184 : 1103-1105.

BIGOT A. (1927 e) – Les conditions de dépôt du Bathonien supérieur dans la région de Caen. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 184 : 1149-1151.

BIGOT A. (1927 f) – Formations monastiriennes et post-monastiriennes de Basse-Normandie. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 185 : 824-826.

BIGOT A. (1928 a) – Le Sol des prairies normandes : ses qualités, ses défauts. Journées agric. Calvados, Caen. (imp. Olivier Caen), 7 p.

BIGOT A. (1928 b) – Compte-rendu des Réunions extraordinaires de la Soc. géol. et minér. Bretagne en Normandie (1926 & 1928). *Bull. Soc. géol. min. Bretagne* (Rennes), VII, fasc. sp., 117 p., 24 fig., 5 cartes.

BIGOT A. (1930) – Sketch of the Geology of lower Normandy. *Proceed. Geol. Assoc.* (London), LXI : 363-405, pl. 4.

BIGOT A. (1932 a) – Effondrements dans les terrains calcaires. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), 4, 1931, (1932) : 29-31.

BIGOT A. (1932 b) — Formations de solifluxion. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8) 5 : 18-19.

BIGOT A. (1938 a) — Crinoïdes du Bathonien du Calvados. *Ann. Paléont.* (Paris), XXXVII : 1-38, pl. I-IV.

BIGOT A. (1938 b) — Les collections géologiques de la ville de Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9) 1 (1) : 7-10.

BIGOT A. (1938 c) — Sauroptérygiens du Calvados. *Bull. Soc. géol. France* (Paris) (5), VIII : 631-637, pl. XXXVII-XXXVII bis.

BIGOT A. (1939 a) — Notice géologique sur Villers-sur-Mer et ses environs. Brochure synd. init. Villers-sur-Mer : 12p.

BIGOT A. (1939 b) — Notes de géologie normande. XIV. Le Callovien du Fresne d'Argences (Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9), I : 45-52.

BIGOT A. (1939 c) — Cavités karstiques dans les calcaires du Jurassique inférieur du Calvados. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9), I, (7) : 54-58.

BIGOT A. (1939 d) — La géologie du littoral du Calvados. *Sci. Natur.* (Paris), I, (7-8) : 209-222, 12 fig.

BIGOT A. (1940) — Les surfaces d'usure et les remaniements dans le Jurassique de Basse-Normandie. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), X : 165-176, 1 pl.

BIGOT A. (1942) — La Basse-Normandie, esquisse géologique et morphologique. (Le Tendre imp., Caen) : 125 p., 45 pl., 3 cartes, 26 fig.

BILLY C. (1964) — Étude minéralogique des sables côtiers de la Manche entre l'Estuaire de la Dives et l'Estuaire de la Somme. *Rev. géogr. phys. géol. dyn.* (Paris), (2), VI, (2) : 125-154.

BIZON J.J. (1958) — Foraminifères et ostracodes de l'Oxfordien de Villers-sur-Mer. *Rev. Inst. Fr. Pétrole* (Rueil-Malmaison), XIII, (1) : 3-45, 5 pl.

BRASIL L. (1896 a) — Note sur le Callovien supérieur des falaises de Dives et Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (4), X : 1-6.

BRASIL L. (1896 b) — Les genres *Peltoceras* et *Cosmoceras* des Couches de Dives et Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. géol. Normandie* (Le Havre) : XVII : 36-53, pl. I-IV.

BUNEL H. (1837) — Aperçus géologiques et paléontologiques, notions sur la théorie des puits forés et hauteurs de quelques points du département du Calvados. *Annuaire Cinq départ. Anc. Normandie* (Caen), 1836 (1837), 3 : 3.

CASTEL R. (1840) — Nomenclature géognostique des terrains du Calvados et de leurs différents usages dans les Arts et l'Agriculture. *Annuaire Cinq départ. Anc. Normandie* (Caen), 6 : 349-368.

CAUMONT A. de (1828) – Essai sur la topographie géognostique du département du Calvados. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), IV : 59-366, 2 fig., 7 pl., 1 carte h.-t. (réédité en 1867).

CAUMONT A. de (1859) – Distribution géographique des roches dans le département du Calvados. *Mém. Inst. Provinces* (Paris), (1), I : p. 198, 3 fig., 2 cartes.

CAUMONT A. de (1864) – Sur un sable calcaire d'alluvions des bords de la Dives. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (1), VIII, 1882-1883 (1884) : 21.

CAUMONT A. de (1869) – Sur la nécessité de rechercher dans le diluvium du Calvados des objets de l'industrie primitive humaine. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (2), III : 225-227, 1 pl.

CHAMBERLAIN M. (1816) – Notice sur les matières renfermées dans le sol du département du Calvados qui sont propres pour des manufactures chimiques. *Mém. Acad. Sci., Arts et Belles-Lettres Caen* : 35.

CHATEZ G. (1952) – Rapport sur une visite des plages entre Trouville et Arromanches. *Bull. C.O.E.C.*, IV : 16-28.

CLET-PELLERIN M., HUAULT M.F., LARSONNEUR C., PELLERIN J. (1977) – La basse-vallée de l'Orne. Le remblaiement périglaciaire et postglaciaire, l'évolution paléogéographique et l'histoire de la végétation. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen).

COUTIL L. (1902) – Le Paléolithique en Normandie. *Bull. Soc. préhist. Fr.* (Paris), I : 31-37.

COUTIL L. (1929) – Hâches à douilles trouvées dans le Calvados et dans la Manche. *Assoc. Fr. Avanc. Sci.*, Le Havre : 728-729.

CUSHMANN J.A. (1929) – Note sur quelques foraminifères jurassiques d'Auberville (Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), II : 132-135, pl. IV.

CUVIER G. (1824) – Sur les ossements fossiles de Crocodiles. (G. Dufour et éd. d'Occagnes, Paris), t. V (2^e partie) : 127-160.

DANGEARD L. (1929) – Observations de géologie sous-marine et d'Océanographie relatives à la Manche. *Ann. Inst. Océanographie* (Paris), (N.S.), VI (1) : 295 p., 27 fig., 8 pl., 18 cartes.

DANGEARD L. (1935) – Les pisolithes à Girvanelles dans le Jurassique de Normandie. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (5), V : 263-276, pl. XI-XIII.

DANGEARD L. (1936) – Cartes lithologiques des Côtes de France. *Atlas de France* : pl. 24-25.

DANGEARD L. (1944) – Poches de décalcification remplies d'argiles et de galets entre Caen et la mer. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9), III, 1942-43 (1944) : 87-88, 1 fig.

DANGEARD L. (1946) — Sur les accidents siliceux du Bathonien inférieur aux environs de Caen. *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 6 : 104.

DANGEARD L. (1951 a) — Les récifs du Bathonien de Blainville. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9), VI, 1948-49-50 (1951) : 16-18, 1 fig.

DANGEARD L., RIOULT M. (1961) — Observations nouvelles sur les accidents siliceux situés au sommet de la « Pierre de Caen ». *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (7), III : 329-337, 1 pl. texte, pl. XI-XII.

DASTUGUE J. (1977) — Les populations anciennes de la Normandie. *Bull. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, LXIV, (4) : 133-134. (Bibliographie).

DEFLANDRE G. (1938 a) — Sur le microplancton des mers jurassiques, conservé à l'état de matière organique dans les marnes de Villers-sur-Mer. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 206 : 687-689.

DEFLANDRE G. (1938 b) — Microplancton des mers jurassiques conservé dans les marnes de Villers-sur-Mer (Calvados). Étude liminaire et considérations générales. *Trav. Station zool. Wimereux*, 13 : 147-200, pl. 5-11, 10 fig.

DEFLANDRE G., DANGEARD L. (1938) — *Schizosphaerella*, un nouveau microfossile méconnu du Jurassique moyen et supérieur. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 207 : 1145-1147, 4 fig.

DELESSE A. (1867) — Recherches sur le dépôt littoral de la France. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (2), XXIV : 428-433.

DELESSE A. (1871 a) — Lithologie des mers de France. Librairie scient. et industr. Lacroix. (Paris), texte + atlas, 479 p., 136 tab.

DELESSE A. (1871 b) — Carte lithologique des mers de France. Assoc. Normande, *Annuaire Cinq départ. Anc. Normandie* (Caen), 37 : 56-422.

DEPAPE G. (1929) — Note sur des bois fossiles trouvés par Éd. Hue, à Luc-sur-Mer et à Houlgate (Calvados). *Ann. Soc. géol. Nord* (Lille), LIV : 139-142, 2 fig.

DORANLO R. (1912) — Les squelettes préhistoriques de Lion-sur-Mer (Calvados). *Bull. Soc. préhist. Fr.*, 6 p.

DORANLO R. (1932) — Découverte à Lion-sur-Mer d'un nouveau squelette néolithique de type négroïde. *Bull. Soc. Antiq. Normandie* (Caen), 40 : 353.

DOUVILLÉ H. (1882) — Note sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le Bassin de Paris et sur le terrain corallien en particulier. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (3), IX : 439-474.

DOUVILLÉ H. (1885) — Sur les débris de Sauriens de grande taille trouvés dans l'Oxfordien de Dives et Villers. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (3), XIII : 441.

DOUVILLÉ H. (1899) – Sur la découverte de nouvelles couches (Callovien à *Zeilleria umbonella*) à Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (3), XXVII : 523.

DOUVILLÉ H. (1900) – Une découverte géologique à Villers-sur-Mer. *Feuille Jeunes Naturalistes* (Elbeuf), III^e Série, 30^e année : 37-38.

DOUVILLÉ H. (1904) – Description des falaises de Villers, avec liste de fossiles et bibliographie sommaire. Brochure synd. propriété immobilière Villers-sur-Mer : 4 p.

DOUVILLÉ R. (1904 a) – Sur la limite des étages Callovien et Oxfordien à Villers-sur-Mer. *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 3 : 29-31.

DOUVILLÉ R. (1904 b) – Sur la coupe du Jurassique moyen de la plage de Villers-sur-Mer (Calvados), *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (4), IV : 106-112, pl. II.

DOUVILLÉ R. (1910) – Contribution à l'étude de la faune jurassique de Normandie. 4 : Céphalopodes calloviens d'Argences. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), XXII (2), vol. 7 : 122-135, 11 fig., 1 pl.

DOUVILLÉ R. (1912) – Études sur les Cardiocératidés de Dives, Villers-sur-Mer et quelques autres gisements. *Mém. Soc. géol. France* (Paris), XXIX, n° 45 : 1-77, 84 fig., pl. I-V.

DOUVILLÉ R. (1914) – Études sur les Oppeliidés de Dives et Villers-sur-Mer. *Mém. Soc. géol. France* (Paris), XXI, n° 48 : 1-26, 31 fig., pl. 4-5.

DOUVILLÉ R. (1915) – Études sur les Cosmocératidés. *Mém. Carte géol. dét. France* (Paris), 75 p., 24 pl.

DUBOIS G., DUBOIS C. (1938) – Analyse pollinique de la tourbe submergée au Moulin-de-Luc. *Bull. Soc. préhist. France* (Paris), 35 : 127-135.

DUBOIS P. (1953) – La côte-limite du Pays d'Auge. Étude géographique. D.E.S. fac. Lettres univ. Caen : 78 p. dactylographiées, cartes, photographies.

DUBRULLE L. (1982) – Étude hydrosédimentaire de l'estuaire de l'Orne et de ses abords. Thèse 3^e cycle, univ. Caen, 212 p. (ronéoté).

DUGUÉ O. (1987) – La bordure occidentale du Bassin anglo-parisien au Callovien-Oxfordien (Jurassique) : contrôle morphotectonique des changements sédimentaires. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 305, II : 981-985.

DUGUÉ O. (1989 a) – Géodynamique d'une bordure de massifs anciens : la bordure occidentale du bassin anglo-parisien au Callovo-Oxfordien. Pulsations épirogéniques et cycles eustatiques. Thèse géol., univ. Caen, 580 p., pl. + 13 annexes.

DUGUÉ O. (1989 b) — Les transits argileux callovo-oxfordiens à l'Ouest du Bassin anglo-parisien. 2^e Cong. Fr. Sédimentologie (Paris) : 111-112.

DUGUÉ O., FILY G., RIOULT M. (1987) — La bordure armoricaine du Bassin anglo-parisien au Bathonien et à l'Oxfordien : comparaison de deux plates-formes carbonatées. 1^{er} Cong. Fr. Sédimentologie (Paris) : 156-157.

DUGUÉ O., RIOULT M. (1988) — La bordure occidentale du Bassin anglo-parisien au Callovo-Oxfordien. 12^e Réunion Sci. Terre, Lille : 49.

DUGUÉ O., RIOULT M. (1989) — Les transitions terrigènes — carbonates au Callovo-Oxfordien sur la bordure occidentale du Bassin anglo-parisien : contrôle morphotectonique, interprétation géodynamique. Assoc. Sédim. Fr. (Paris), 4, « Passages Carbonates-silicates » (15 juin 1987) : 83-97, 4 fig.

DUGUÉ O., RIOULT M. (1989) — Contrôle épirogénique et eustatique des séquences sédimentaires callovo-oxfordiennes sur la bordure de massifs paléozoïques à l'Ouest du Bassin parisien. 2^e Cong. Fr. Sédimentologie (Paris) : 113-114.

DURAND A. (1888) — L'étage Corallien sur le littoral du Calvados. *Bull. Soc. géol. Normandie* (Le Havre), « Expo. géol. et paléont. 1877 », C.R. et Mém. : 563-576.

ELHAÏ H. (1961) — Essai d'interprétation du relief entre la Dives et la Basse-Seine (Normandie). *Bull. Assoc. géogr. Français* (Paris) : 29-30 : 143-157.

EUDES-DESLONGCHAMPS J.A. (1838 a) — Mémoire sur le *Poekilopleuron Bucklandi*, grand saurien fossile intermédiaire entre les Crocodiles et les Lézards, découvert dans les carrières de la Maladrerie, près Caen, au mois de juillet 1835. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), VI, 1834 à 1838 (1838) : 37-146, pl. II-VIII.

EUDES-DESLONGCHAMPS J.A. (1838 b) — Remarques géologiques sur un banc calcaire qui surmonte, dans quelques localités du département du Calvados, le Calcaire à Polypiers des géologues normands. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), VI, 1834 à 1838 (1838) : 238-248.

EUDES-DESLONGCHAMPS J.A. (1842) — Sur le dépôt tourbeux de Merville, à l'embouchure de l'Orne. *Mém. Soc. linn. Normandie*, VII, 1839 à 1842 (1842) : XX-XXI.

EUDES-DESLONGCHAMPS J.A. (1838) — Remarques au sujet d'ossements nombreux de *Rhinoceros tichorhinus* Cuv., trouvés à Venoix près Caen. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (1), III, 1837-58 (1858) : 11-13.

EUDES-DESLONGCHAMPS J.A. (1864) — Mémoire sur les Téléosauriens. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), VIII, 1862-63 (1864) : 138 p., 3 pl.

EUDES-DESLONGCHAMPS J.A. (1865) — Sur le diluvium de Luc-sur-Mer et de Langrune. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), IX, 1863-64 (1865) : 327-329.

- EUDES-DESLONGCHAMPS J.A. (1868) – Note sur trois espèces de Téléosauriens du Calcaire de Caen, se rapportant au premier type créé par Geoffroy Saint-Hilaire, sous le nom de *Teleosaurus cadomensis*. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (2), 1, 1866 (1868) : 326-353, pl. XI-XII.
- EUDES-DESLONGCHAMPS J.A., BLAINVILLE, DUCROTAY de (1833) – Lettres sur les Crocodiliens vivants et fossiles. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), IX, 1849-1853 (1853) : 103-138.
- EUDES-DESLONGCHAMPS E. (1856) – Sur la présence du Cornbrash à Lion-sur-Mer (Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (1) I, 1855-56 (1856) : 24-27, pl. I, fig. 2-5.
- EUDES-DESLONGCHAMPS E. (1859 a) – Observations sur le diluvium de Hérouville et de Luc. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (1), IV, 1858-59 (1859) : 12.
- EUDES-DESLONGCHAMPS E. (1859 b) – Note sur le Callovien des environs d'Argentan et de divers points du Calvados. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (1), IV, 1858-59 (1859) : 216-252, pl. IV, fig. 1.
- EUDES-DESLONGCHAMPS E. (1869) – Prodrôme sur les Téléosauriens. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (2), III, 1868 (1869) : 124-221.
- EUDES-DESLONGCHAMPS E. (1870) – Note sur les Reptiles fossiles appartenant à la famille des Téléosauriens, dont les débris ont été recueillis dans les assises jurassiques de la Normandie. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (2), XXVII 1869-70 (1870) 299-351, pl. II-VIII.
- EUDES-DESLONGCHAMPS E. (1887) – Note sur de nombreux exemplaires d'*Hemicidaris Langrunensis* et de Pentacrinites découverts à Luc-sur-Mer. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), X, 1885-86 (1887) : 19-29.
- EUDES-DESLONGCHAMPS E. (1890) – Rapport sur les fossiles de la Collection Jarry (Céphalopodes et Gastéropodes). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), 4, (III) 1888-89 (1870) : 92-167, pl. I.
- FERAY G. (1959) – Étude du Jurassique supérieur de la région de l'Axe du Merlerault et comparaison avec d'autres régions. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9), 10 : 76-102.
- FILY G. (1967) – Étude sédimentologique de l'Estuaire de l'Orne et du littoral adjacent (de Langrune à Cabourg). Thèse 3^e cycle, univ. Caen, 128 p. (ronéoté), 69 fig.
- FILY G. (1974) – Le Bathonien au Nord de Caen. Données nouvelles sur la stratigraphie et la composition séquentielle. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 278 D : 3039-3042, 1 fig.
- FILY G. (1978) – Les paléocourants marins du Bathonien moyen au Bathonien supérieur dans le nord de la Campagne de Caen (Normandie). *Sedimentary geology*. 20 : 49-74.

FILY G., RIOULT M. (1978) — Contrôle sédimentaire et paléogéographique des biohermes à éponges calcaires : exemple du Bathonien supérieur de Normandie (France). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 287 D. : 587-590, 1 fig.

FILY G., LEBERT A., RIOULT M. (1979) — Un exemple de plate-forme carbonatée composite : la marge armoricaine du Bassin anglo-parisien au Bathonien. *In* : Symposium sur la sédimentation du jurassique W européen. Assoc. Sédimentologues Fr. (Paris), vol. sp. 1 : 33-46, 3 fig.

FILY G., RIOULT M. (1979) — Un phénomène récifal éphémère et circonscrit : les biohermes à éponges du Bathonien supérieur normand. 7^e Réunion. *ann. Sci. Terre, Lyon*, : 191.

FILY G., RIOULT M. (1981) — Development of relief on a Middle Jurassic cemented sea-floor : underwashing of a sponge micro-atoll prior to cementation and colonization in the Bathonian of Normandy. *Sedimentology* (Oxford), 28 (2) : 133-139, 2 fig.

FLAGEOLLET J.C. (1988) — Les mouvements de terrain et leur prévention. Masson (Paris), coll. Géographie, 224 p.

FURON R. (1934) — Observations sur le Crétacé et le Tertiaire à l'Ouest d'Évreux. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (5), IV : 493-514.

FÜRSICH F.T. (1975) — Trace fossils as environmental indicators in the Corallian of England and Normandy. *Lethaia* (Oslo), 8, (2) : 151-172.

FÜRSICH F.T. (1976) — The use of macroinvertebrate associations in interpretation Corallian (Upper Jurassic) environments. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* (Amsterdam), 20 : 235-256.

FÜRSICH F.T. (1976) — Fauna-substrate relationships in the Corallian of England and Normandy, *Lethaia* (Oslo), 9, (3) : 343-356.

GEOFFROY SAINT-HILAIRE E. (1831) — Recherches sur les grands Sauriens trouvés à l'état fossile vers les confins maritimes de la Basse-normandie. *Mém. Acad. Sci.*, Paris, 12 : 138 p., 2 pl.

GERMAIN P. (1970) — Étude sédimentologique et hydrologique de l'Estuaire de la Dives et du littoral adjacent (Cabourg-Houlgate). Thèse 3^e cycle, univ. Caen, 77 p. (ronéoté), 45 fig.

GUILLAUME L. (1923) — Sur la présence de Gastropodes fossiles dans les loëss de Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), VI : 56.

GUILLAUME L. (1925) — Observations sur le Bathonien supérieur de l'une des carrières de Ranville (Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), VIII : 46-57, pl. II.

GUILLAUME L. (1927 a) — Observations sur le Bathonien moyen et supérieur de la région au Nord et à l'Est de Caen. *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 11 : 123-125.

GUILLAUME L. (1927 b) – Observations sur les niveaux à Céphalopodes du Bathonien moyen dans la région de Caen. *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 12 : 173-175.

GUILLAUME L. (1927 c) – Observations sur la zone à *R. boueti* Dav. à la base du Bathonien supérieur de Normandie. *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 17 : 213-214.

GUYADER J. (1968) – Le Jurassique supérieur de la Baie de Seine. Étude stratigraphique et micropaléontologique. Thèse doct. ing., univ. Paris VI : 200 p., 34 pl.

HAMY E. (1879) – Notes pour servir à l'Anthropologie préhistorique de la Basse-Normandie. I. Le crâne du pont de Vaucelles. *Bull. Soc. anthrop.* (Paris) : 5.

HAMY E. (1883) – Les habitants primitifs de la Basse-Orne. Assoc. Fr., Avanç. Sci., Rouen.

HÉBERT E. (1860) – Du terrain jurassique supérieur sur les Côtes de la Manche. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (2), 17 : 300-316.

HÉBERT E. (1872 et 1875) – Ondulations de la craie dans le Bassin de Paris. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (2) XXIX : 446-472, 4 fig., 1 pl. ; 583-594 (1872) ; (3), III : 512-546 (1875).

HUAULT M.F. (1973) – Recherches sporo-polleniques sur le Postglaciaire des vallées de l'Orne et de la Dives. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), 103, 1973 : 46-57.

HUE E. (1926) – Environs de Luc-sur-Mer (Calvados). Les blocs erratiques. *Bull. Soc. préhist. Fr.* (Paris), 23 : 38 p., 1 carte.

HUE E. (1928) – Contribution à l'étude du Quaternaire. Plage surélevée de Luc-sur-Mer (Calvados). *Bull. Soc. préhist. Fr.*, (Paris), 25, 10 : 403-408.

HUE E. (1929) – Ossements quaternaires des limons du Corps de garde à Luc. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), I, 1928 (1929) : 58.

HUE E. (1931) – Préhistoire des plages surélevées. Congr. préhist. France, X^e session, 1 pl.

HUE E. (1938) – Une progression marine au Moulin de Luc. *Bull. Soc. Préhist. Fr.* 35 : 127-133.

JOURNAUX A., HELLUIN M., LAUTRIDOU J.P., PELLERIN J. (1969) – Distribution, source and age of the loess on the Plain of Caen, Normandy, France. In « The Periglacial environment » Pewe T.L. (édit.), McGill - Queen's Univ. Press (Montréal, Canada) : 303-320, 10 fig.

JUIGNET P. (1974) – La transgression crétacée sur la bordure orientale du Massif armoricain. Aptien-Albien-Cénomaniens de Normandie et du Maine.

Le stratotype du Cénomaniens. Thèse doct. État, univ. Caen : 810 p., 174 fig., 47 tab. 28 pl.

JUKES-BROWN A.J., HILL E. (1896) – A delimitation of the Cenomanian being a comparison of the corresponding beds in Southern England and Western France. *Quart. J. Geol. Soc.* (London), LII : 99-197, pl. V, 3 dépl.

KENNEDY W.J., JUIGNET P. (1976) – Faunes d'Ammonites et biostratigraphie comparée du Cénomaniens du Nord-Ouest de la France (Normandie) et du Sud de l'Angleterre. *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, LXIII, (3) : 191 p., 23 fig., 34 pl.

KEUPP H., ILG A. (1989) – Die kalkigen Dinoflagellaten im Ober Callovium und Oxfordium der Normandie/Frankreich. *Berliner geowiss., Abb. A.*, 106 : 165-205, 2 fig., 12 taf.

LARSONNEUR C. (1971) – Manche centrale et baie de Seine : géologie du substratum et des dépôts meubles. Thèse doct. État, univ. Caen : 394 p., 93 fig., 1 carte.

LARSONNEUR C. (1972) – Le modèle sédimentaire de la baie de Seine à la Manche centrale dans son cadre géographique et historique. *Mém. BRGM*, 79 : 241-255.

LARSONNEUR C. (1977) – De la Baie de Seine à l'estuaire de la Seine. Histoire du Quarternaire marin. *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, LXIV, (4), 9-19, 6 fig.

LARSONNEUR C., RIOULT M. (1969) – Le Bathonien de la baie de Seine et ses relations. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 268 D : 2231-2234, 1 fig.

LECORNU L. (1883) – Sur la composition de certains sables et de certaines alluvions. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), VII, 1882-83 (1883) : 134-144.

LECORNU L. (1885) – Note sur la coloration artificielle des pierres de construction. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), IX, 1884-85 (1885) : 44-46.

LECORNU L. (1888) – Note sur les carrières souterraines du Calvados. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (4), I, 1887-88 (1888) : 154-168.

LECORNU L. (1889) – Les tremblements de terre en Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (4), III, 1888-89 (1889) : 235-254, 281-282.

LEMÉE G. (1933) – Études sur la végétation halophile de l'estuaire de l'Orne. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), VII : 25-45, 3 pl.

LEMÉE G. (1939) – Recherches sur l'histoire forestière postglaciaire de la Basse-Normandie et du Perche. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen) (9), I, 1938-39 (1939) : 97-145, 9 fig.

LEMÉE G. (1951) — Contribution à la connaissance de la transgression flandrienne dans la Basse-vallée de l'Orne. *Rev. géogr. dynan.* (Paris) : 75-80.

LE NEUF de NEUVILLE M. (1824) — Mémoire sur le Calcaire de Caen. *Mém. Soc. linn. Calvados*, I : 57-66.

LETACQ A.L. (1907) — Liste des coquilles recueillies par MM. Bigot et Leboucher dans les tourbières littorales entre Luc-sur-Mer et Arromanches (Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (5), X, 1906 (1907) : 3-9.

LIGNIER O. (1894) — Végétaux fossiles de Normandie : Structure et affinités de *Bennettites Morierei* Sap. & Mar (sp.) *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), XVIII, (1) : 1-78, pl. I-VI.

LODIN M. (1879) — Observations sur l'étage corallien du Calvados. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), III, 1878-79 (1879) : 106-112.

MADÉLINE A. (1946) — Le littoral de la plaine de Caen. Étude de géographie physique. *Cah. Fac. Lettres, Univ. Caen*, n° 2 : 106-130 et 3 : 25-63 ; *Ann. Géogr.* (Paris) : 134-139, 4 fig.

MAGNEVILLE H. de (1824 a) — Premier mémoire : sur un Calcaire renfermant une grande quantité de Polypiers qui fait partie des terrains secondaires du département du Calvados. *Mém. Soc. linn. Calvados* (Caen), I : 219-229.

MAGNEVILLE H. de (1824 b) — Deuxième mémoire : sur le Calcaire à Polypiers du département du Calvados et sur plusieurs autres formations qui en sont voisines. *Mém. Soc. linn. Calvados*, I : 230-248.

MAGNEVILLE H. de (1825) — Examen géognostique des buttes qui séparent la plaine de Caen de la vallée de la Dives. *Mém. Acad. Royale Sci., Arts et Belles-Lettres Caen* : 86-98.

MAGNEVILLE H. de (1827) — Mémoire sur les terrains de transport qu'on trouve dans le département du Calvados, sur les avantages qu'en retire l'agriculteur et sur la manière de les cultiver dans ce département. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), IV : 55-76, 3 fig., 1 pl.

MAGNEVILLE H. de (1839 a) — Sur l'agglutination du sable de mer à Langrune. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), VI ; 1834-38 (1839) : 10-11.

MAGNEVILLE H. de (1839 b) — Sur les ossements d'Ichthyosaures de la craie chloritée des Vaches-Noires. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), VI 1834-38 (1839) : 16.

MARC J. (1870) — Note sur un bois fossile de *Cervus elephus* et son gisement. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (2), IV, 1868-69 (1870) : 89-92.

MAUREL P. (1959) — Étude minéralogique de quelques marnes noires oxfordiennes. *Bull. Soc. fr. Miner. Cristal.*, Paris, LXXXII : 276-284, 7 fig., 6 tab.

MERCIER J. (1927 a) — Sur l'âge et la faune des argiles de Lion-sur-Mer. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), X : 23-32.

MERCIER J. (1927 b) — Sur quelques gisements de Cornbrash de la région au nord de Caen. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), X : 93-94.

MERCIER J. (1928) — Étude sur le contact du Bathonien et du Callovien en Normandie et dans la Sarthe, et sur l'équivalent du Cornbrash anglais. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), I : 7-29, 2 fig.

MERCIER J. (1929 a) — Observations sur une des carrières de Ranville (Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), II : 34.

MERCIER J. (1929 b) — Observations géologiques sur la région de Colleville-sur-Orne (Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), II : 71-72.

MERCIER J. (1932 a) — A propos d'une note de M.W.J. Arkell sur la comparaison du Jurassique de la côte du Calvados et du sud de l'Angleterre. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), V, 1931 (1932) : 12-14.

MERCIER J. (1932 b) — Contribution à la connaissance du Quaternaire dans le Calvados. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), V, 1931 (1932) : 27-29.

MERCIER J. (1932 c) — Études sur les Échinides du Bathonien de la bordure occidentale du Bassin de Paris. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), N.S. (Géologie), II : 273 p., fig., pl. I-XI.

MERCIER J. (1933) — Observations sur les gisements d'*Elephas primigenius* Blum., en Basse-Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), IV : 6-11.

MERCIER J. (1934) — Le Quaternaire de la Basse-vallée de l'Orne. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), VII : 75-82.

MERCIER J. (1935) — Les Stellérides mésozoïques de la bordure du Massif armoricain. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), N.S. (Géologie), III, 1 (2) : 66 p., 3 pl.

MERCIER J. (1936) — Sur la position stratigraphique de *Creniceras Renggeri* Op. en Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), 9 : 28-29.

MERCIER J. (1938 a) — Microorganismes du Bajocien et du Bathonien (Note préliminaire). *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 7 : 114-115.

MERCIER J. (1938 b) — Nouvelles observations sur le microplancton du Dogger. *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 17 : 334-335.

MERCIER J. (1939) — Observations sur le Bathonien de la Basse-Vallée de l'Orne. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9), I : 39-42.

MONTBRUN M. de (1837) — Sur des ossements d'Ichthyosaure trouvés dans la craie des Vaches Noires. Séance publ. Soc. linn. Normandie, Honfleur : p. 43.

MOREL de GLASVILLE M. (1888) – Note sur le *Steneosaurus Heberti*. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (3), VIII : 299, 318-329, 5 fig.

MORET L. (1926) – Contribution à l'étude des Spongiaires siliceux du Crétacé supérieur français. *Mém. Soc. géol. France*. (Paris), N.S., n° 5, t. II, fasc. 4 : 1-120, pl. I-X ; t. III, fasc. 1 : 121-338, pl. XI-XXIV.

MORNOD L. (1947 a) – Présence de dépôts marins antérieurs à la transgression flandrienne dans la vallée de l'Orne. *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris) : 260-262.

MORNOD L. (1947 b) – Association de faunes marine, d'eau douce et continentale dans les dépôts flandriens de la basse-vallée de l'Orne (Calvados). *Eclogae geol. Helv.* (Bâle) : 251-256.

MORNOD L. (1948) – Recherches sur la géologie, la géotechnique et l'hydrogéologie du sol et du sous-sol des Villes de Caen et Lisieux (Calvados). Résultats d'une campagne de sondage. Ministère Reconstr. et Urban. (Paris), fasc. I. Ville de Caen : 1-73, 82 fig., 2 pl.

MORIÈRE J. (1853 a) – Dent de *Megalosaurus* provenant de l'argile de Dives. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), IX, 1849-53 (1853) : LVIII-LIX.

MORIÈRE J. (1853 b) – Sur la présence du genre *Ammonites* dans la pierre blanche de Langrune. *Mém. Soc. linn. Normandie* (Caen), IX, 1849-53 (1853) : LVI-LVIII.

MORIÈRE J. (1866 a) – Dents molaires d'*Elephas primigenius* trouvées en Normandie à Luc, Villers-sur-Mer, dans la vallée de Corbon, à Moulineaux, aux environs de Port-en-Bessin, etc. et remarques sur la stratigraphie des formations quaternaires. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (1), X, 1864-65 (1866) : 51.

MORIÈRE J. (1866 b) – Fémur d'Ichthyosaure trouvé à Goustranville dans les couches appartenant probablement à l'Oxfordien inférieur. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (1), X, 1864-65 (1866) : 361.

MORIÈRE J. (1869 a) – Note sur deux végétaux fossiles trouvés dans le département du Calvados. *Mém. Soc. linn. Normandie*, XV, 1865-69 (1869) : 2 pl.

MORIÈRE J. (1869 b) – Ossements fossiles découverts dans l'argile oxfordienne de Frêne, commune d'Argences. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (2), III, 1868 (1869) : 291.

MORIÈRE J. (1877) – Découverte d'une tête incomplète de Saurien dans un bloc de craie tombé de la partie supérieure de la falaise située entre Auberville et Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), I, 1876-77 (1877) : 129.

MORIÈRE J. (1878) – Note sur une Astérie fossile nouvelle (*Asterias Deslongchampsii*) trouvée dans l'Oxfordien des Vaches Noires, entre Dives et

Villers-sur-Mer. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), II, 1877-78 (1878) : 75-82, 2 pl.

MORIÈRE J. (1881) – Deux genres de Crinoïdes de la Grande Oolithe. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), V, 1880-81 (1881) : 78-87, 1 pl.

MORIÈRE J. (1882 a) – Débris fossiles d'un grand sélacien, trouvés dans la grande Oolithe à Amblie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), VI, 1881-82 (1882) : 133.

MORIÈRE J. (1882 b) – Première note sur les Crustacés de l'Oxfordien trouvés dans le Calvados. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), VI, 1881-82 (1882) : 161-167, pl. I.

MORIÈRE J. (1882 c) – Note sur un fossile trouvé à Amblie dans la Grande Oolithe. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (3), VI, 1881-82 (1882) : 224-233.

MORIÈRE J. (1888) – Note sur un échantillon de *Williamsonia* Carruth. trouvé dans l'Oxfordien des Vaches Noires en 1865. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (4), II, 1887-88 (1888) : 61-70.

MOURANT A.E. (1931) – Earthquakes of the Channel Islands and neighbouring countries. *Bull. Soc. Jersiaise* : 56 p., figs, 1 carte.

MUNIER-CHALMAS E. (1891) – Note sur le terrain jurassique de Normandie. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (3), XIX : CVIII-CX.

MUNIER-CHALMAS E. (1892) – Études préliminaires des terrains jurassiques de Normandie. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (3), XX : CLXI-CLXX.

NEUVILLE L. de (1887) – Mouvement de la mer et ses effets sur les Côtes du Calvados. *Annuaire Normand* (Caen) : 97-117.

NOROIS (1972) – Contribution à l'étude stratigraphique des terrains affleurant en Manche centrale et orientale. *Mém. BRGM* (Orléans), 79 : 123-170.

ORBIGNY A. d' (1849-1852) – Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique. Masson (Paris), 3 vol., 847 p.

ORBIGNY A. d' (1850-1852) – Prodrôme de Paléontologie stratigraphique universelle des Animaux Mollusques et Rayonnés. Masson (Paris).

ORIA M. (1933) – Observations sur les Ostreidae de l'Oxfordien de Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), V, 1932-33 (1933) : 19-76, pl. I-IV.

PAÏENDA O. (1987) – Les dépôts carbonatés oxfordiens de la bordure occidentale du Bassin parisien. Thèse 3^e cycle, univ. Rouen : 226 p.

PARENT H. (1939 a) – Présence de couches à *Hecticoceras retrocostatum* de Gross et de la base du Bathonien moyen à Amfréville (Calvados). *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 3 : 34-36.

PARENT H. (1939 b) – Présence de Cornbrash à *Zeilleria lagenalis* Schloth. dans la bordure occidentale du Bassin de Paris. *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 4 : 50-52.

PARENT H. (1939 c) – Position des couches à *Hecticoceras retrocostatum* de la Basse-Vallée de l'Orne. *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 6 : 81-82.

PARENT H. (1939 d) – Cornbrash inférieur de Bréville-Bavent (Calvados). *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris), 10 : 137-138.

PARENT H. (1939 e) – Cornbrash supérieur de Bréville-Bavent (Calvados) *C.R. somm. géol. France* (Paris), 11 : 161-162.

PAREYN C., PELLERIN J. (1971) – Karst fossile postérieur au Riss découvert en forage entre – 21 et – 45 m NGF à Ouistreham (Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), 101, 1970 (1971) : 26-35, 4 fig.

PELLERIN J. (1968) – La Campagne de Caen : plateaux jurassiques et bordure du massif ancien. Étude géomorphologique. Thèse 3^e cycle, univ. Caen, Centre de géomorphologie CNRS : 343 p. (dactylographiées), 34 fig.

PELLERIN J., COUTARD J.-P., HELLUIN M., OZOUF J.-C. (1970) – Dépôts pliocènes et quaternaires d'Hérouville-Saint-Clair près de Caen (Calvados) : essai de stratigraphie, description des phénomènes périglaciaires. *Bull. Centre géomorph. CNRS.* (Caen), 7 : 36 p., 10 fig.

PELLERIN J. (1977) – Les nappes alluviales de l'Orne, leurs altérations et leurs relations avec les dépôts marins sur les côtes du Calvados. *Bull. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, LXIV (4) : 74-80, 3 fig. (Journée Lennier n° 1. L'estuaire de la Seine au Quaternaire).

POIRIER L. (1946) – Un essai d'interprétation du réseau hydrographique de la Basse-Normandie. *Bull. Assoc. géogr. Français* (Paris) : 12-23.

POISSON A. (1963) – Contribution à la connaissance sédimentologique du Callovo-Oxfordien de Normandie et du Haut-Maine. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (7), IV : 405-412.

PORTE P. (1927 a) – Astéries dans le Bradfordien de Ranville. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), IX, 1926 (1927) : 64-68, pl. V-VI.

PORTE P. (1927 b) – Sur la présence d'Ophiuridées dans le Bradfordien de Ranville (Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), IX, 1926 (1927) : 19.

PREVOST C. (1824) – Note sur un Ichthyolithe des rochers des Vaches Noires. *Bull. Soc. philomathique Paris* : 41-42 ; *Ann. Sc. Nat. Paris*, III : 143-144.

RASPAIL J. (1901) – Contribution à l'étude de la falaise jurassique de Villers-sur-Mer. Callovo-Oxfordien. *Feuille Jeunes natur.* (Elbeuf), (4), 31^e année, n° 365-368 : 15 p., pl. IX-XII.

RASPAIL J (1905) — Sur quelques espèces nouvelles ou peu connues des couches calloviennes de Villers-sur-Mer. *Feuille Jeunes natur.* (Elbeuf), (4), 35^e année : 65-68, 1 pl.

REINHARD M. (1923) — Le Pays d'Auge *Ann. géogr.* (Paris), 32 : 33-40.

RIOULT M. (1962 a) — Sur l'âge du Calcaire de Caen et la stratigraphie du Bathonien en Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (10), II, 1961 (1962) : 51-61.

RIOULT M. (1962 b) — Documents pour l'étude du Calcaire de Caen. *Ann. C.R.D.P.* (Caen) : 20 p., 6 pl., 7 fig.

RIOULT M. (1963 a) — Le Calcaire de Caen, dépôt de rivage du Bathonien normand. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (10), III, 1962 (1963) : 119-141, 2 fig.

RIOULT M. (1963 b) — Compte rendu de l'excursion de la S.G.N. en Basse-Normandie (20 mai 1962). *Bull. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, LII, 1962 (1963) : 37-39.

RIOULT M. (1966) — Présence de sclérites de Brachiopodes dans l'Oxfordien de Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie*, (10), VI, 1965 (1966) : 71-76, 1 pl.

RIOULT M. (1968) — Sédiments et milieux du Jurassique normand. Essai de paléoécologie et sédimentologie comparée. 2^e thèse doct. État, univ. Caen, 94 p. (dactylographié), 24 pl.

RIOULT M. (1978) — Villers-sur-Mer. Son site. Ses falaises. Sa plage. Son musée. Plaque de syndicat d'initiative, Villers-sur-Mer : 31 p., 44 fig.

RIOULT M. (1980) — Bajocien in « Les étages français et leurs stratotypes ». Cavalier C., Roger J. coord., *Mém. BRGM*, 109 : 73-83, 1 tab, 3 fig.

RIOULT M. (1985) — Écueils paléozoïques armoricains dans les mers jurassiques sur la bordure occidentale du Bassin parisien. Sédimentation et peuplements d'écueils. *Bull. Com. Trav. Hist. et Scientif., Cong. Soc. Sav., Poitiers, sect. Sci.*, IX : 177-183.

RIOULT M., FILY G. (1975) — Discontinuités de sédimentation et unités lithostratigraphiques dans le Jurassique de Normandie. IX^e Cong. Internat. Sédim., Nice, thème 5, (2) : 343-358.

RIOULT M., FILY G. (1976) — Le Jurassique sur la bordure occidentale du Bassin parisien : domaines sédimentaires et bio-géographiques. 4^e Réunion ann. Sci. Terre, Paris : 349, 1 fig.

RIOULT M., MOURDON R. (1982) — Carrière de la Tuilerie du Fresne d'Argences (Calvados). *Bull. trim. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, LXIX, (3) : 13-18.

RIOULT M., DUGUÉ O., FILY G. (1988) — Contrôle de la sédimentation jurassique sur la bordure occidentale du Bassin anglo-parisien : eustatisme ? épirogenèse ? Colloque Assoc. Fr. Sédim. : « Paléobathymétrie et séquences de dépôts », Marseille : 103-105.

RIOULT M., BULOW M. (1988) — *Pentasteriacites* nov. ichnogenus. Trace de repos d'une étoile de mer fossilisée dans le Calcaire d'Auberville (Oxfordien moyen, Normandie). *Bull. Soc. linn. Normandie*. (Caen), 112-113 : 115-120.

ROOD A.P., HAY W.W., BARNARD T. (1971) — Electron microscope studies of Oxford clay Coccoliths. *Eclogae geol. Helv.* (Bâle), 64 (2) : 245-272.

ROOD A.P., BARNARD T. (1972) — On jurassic coccoliths : *Stephanolithion*, *Diadozygus* and related genera. *Eclogae geol. Helv.* (Bâle), 65 (2) : 327-342.

SARJEANT W.A.S. (1965) — Microplankton from the Callovian (*S. calloviense* Zone) of Normandy. *Rev. Micropaléont.* (Paris), 8 (3) : 175-184, pl. 1, 1 fig., 1 tab.

SARJEANT W.A.S. (1968) — Microplankton from the Upper Callovian and Lower Oxfordian of Normandy. *Rev. Micropaléont.* Paris, 10 (4) : 221-242, pl. 1-3, 5 fig., 2 tabl.

SRIVASTAVA S.K. (1987) — Jurassic spore-pollen assemblages from Normandy (France) and Germany. *Geobios* (Lyon), 20 (1) : 5-79.

SUDRY L. (1910) — Densité, température, coloration de l'eau de mer et courants sur les côtes du Calvados pendant l'été 1910. *Bull. Inst. Ocean, Monaco*, n° 199.

SUDRY L. (1911) — Les sédiments marins de la côte du Calvados C.R. Cong. Soc. Sav., Caen 1911, Sci. : 25-32, 2 cartes.

THOULET (1909) — Étude des fonds marins de la Baie de Seine. *Ann. Hydrogr.* (Paris).

URBAIN P. (1935) — Sur la présence d'une gaize, intercalée dans le calcaire à oolithes ferrugineuses de l'Oxfordien de Villers-sur-Mer (Calvados). *C.R. somm. Soc. géol. France* (Paris) : 10-11.

URBAIN P. (1951) — Recherches pétrographiques et géochimiques sur deux séries de roches argileuses. 1. Lias et Oolithique du Calvados ; 2. Éocène et Oligocène de la région de Paris. *Mém. expl. Carte géol. dét. France* (Paris) : 278 p., 85 fig., 7 tab., 10 pl.

VALENSI L. (1948) — Sur quelques microorganismes planctoniques des silex du Jurassique moyen du Poitou et de Normandie. *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (5), XVIII : 537-550, fig.

VALENSIL. (1953) — Microfossiles des silex du Jurassique moyen. Remarques pétrographiques. *Mém. Soc. géol. France* (Paris), 168, 100 p., 16 pl., 7 fig.

VAN STRAELEN V. (1925) — Contribution à l'étude des Crustacés décapodes de la période jurassique. *Mém. Acad. Roy. Belgique* (Bruxelles), Cl. Sci., t. VII, 462 p., 170 fig., X pl.

VAROQUEAUX C. (1966) — Fouilles d'un cimetière du Hallstatt final à Ifs (Calvados). *Ann. Normandie* (Caen), 16, (4), 295-315, 10 fig.

VERRON G. (1977) — Le Néolithique et les âges des métaux en Normandie. Données récentes. *Bull. Soc. géol. Normandie et Amis Muséum du Havre*, LXIV, (4) : 150-172, 10 fig.

VOISIN S. (1959) — Étude des minéraux lourds des sables côtiers de la Basse-Normandie (de Cabourg à Genêts). D.E.S. Sci. nat., univ. Paris.

VOLMAT J. (1925) — Étude sur les érosions du littoral du Calvados et les atterrissements de l'estuaire de la Seine. *Service hydrogr. Marine*.

VOLMAT J. (1931) — Recherches hydrographiques sur le régime des côtes. *Service hydrogr. Marine*, 22^e cah. : 97-136, 1 carte.

WENZ S. (1967) — Compléments à l'étude des Poissons actinoptérygiens du Jurassique français. *Cahiers paléont.*, CNRS (Paris) : 276 p., 110 fig., 48 pl.

WENZ S. (1968) — Contribution à l'étude du genre *Metriorhynchus*. Crâne et moulage endocrânien de *Metriorhynchus superciliosus*. *Ann. Paléont. (Vertébrés)*, LIV (2) : 149-183, 11 fig., 4 pl.

WENZ S. (1970) — Sur un *Metriorhynchus* à museau court du Callovien des Vaches-Noires (Calvados). *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (7), XII (2) : 390-397, pl. XXII.

Hydrogéologie

BIGOT A. (1904) — Sur l'alimentation en eau potable du littoral de Ouistreham à Courseulles. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (5), 7, 1903 (1904) : 38-51.

BIGOT A. (1911) — Captage des sources de l'église de Grangues qui alimentent Cabourg. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), 6, IV, 1910-1911 (1912) : XXXIX-XL.

BIGOT A. (1932) — Les eaux d'alimentation de la ville de Caen. Étude hydrogéologique. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), 4, 1931 (1932) : 86-117.

BIGOT A. (1935) — Hydrogéologie de la Basse-Normandie. Cong. Internat. mines, métall. et géol. appliq., VII^e session, II : 669-673.

BIGOT A. (1936) — Forages pour recherches d'eau dans le Calvados. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), 8, 1935 (1936) : 53-61.

BIGOT A. (1938) — Forages pour recherches d'eau dans le Calvados (2^e note) *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9), I : 69.

BIGOT A. (1950) — Hydrogéologie du Calvados. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.* (Paris), 48, n° 230 : 115-202, 1 fig.

BIGOT A. (1951) — L'eau dans les alluvions des vallées. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (9), VI, 1948-49-50 (1951) : 43-50.

DANGEARD L., LEMAITRE H. (1954). — Forage dans la zone industrielle de Caen. Oolithes pyriteuses du Bajocien. *Bull. Soc. géol. Normandie* (Caen), (9), VII, 1951-52-53 (1954) : 23-25, 3 fig.

DANGEARD L., PAREYN C. (1960) — Enquête géologique et hydrogéologique. Département du Calvados. *Bull. Inst. nat. hygiène* (Paris), 15, n° 1 : 122-194, 2 fig.

DASSIBAT C., PASCAUD P., ROUX J.C. (1981) — Hydrogéologie des calcaires jurassiques inférieurs et moyens en Basse-Normandie. *Bull. BRGM* (2), III, 1980-81 (1981).

DASSIBAT C., PASCAUD P. (1985) — Carte hydrogéologique du département du Calvados. BRGM (Orléans).

DOLLFUS G., LIPPMANN E. (1893) — Un forage à Dives (Calvados). *Bull. Soc. géol. France* (Paris), (3), XX : 386-392, 1 fig.

EUDES-DESLONGCHAMPS J.-A. (1838) — Note relative à l'effet des hautes marées mensuelles, lors des grandes sécheresses, sur les puits situés au voisinage de la plage maritime de Luc, au hameau dit Le Petit-Enfer. *Mém. Soc. linn. Normandie*, VI, 1834 à 1838 (1838) : 300-302.

EUDES-DESLONGCHAMPS J.-A. (1849) — Puits foré à Caen, place Saint-Pierre. *Mém. Soc. linn. Normandie*, VIII, 1843 à 1848 (1849) : XLV-XLVIII.

GABRIEL A. (1925) — Les vitouards, sources intermittentes de la plaine de Caen. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (7), 7, 1924 (1925) : 117-122.

GOSSELIN L. (1934) — Les sondages de Blainville (Calvados). *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), 7 : 83-85.

LECORNU L. (1889) — Les eaux souterraines du plateau de la Maladrerie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (4), II : 1887-88 (1889) : 22-44.

LUARD M. (1856) — Sur le puits artésien de Vaucelles. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (1) I, 1855-56 (1856) : 35.

LUARD M. (1860) — Cavité souterraine située sur le territoire de la commune de Mondeville près Caen. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (1), V, 1859-60 (1860) : 271-273.

MUSSET R. (1934) – La répartition saisonnière des pluies dans l'Ouest et particulièrement en Normandie. *Bull. Soc. linn. Normandie* (Caen), (8), VII : 63-64.

Rapports BRGM

Étude hydrogéologique de la plaine de Caen. DSGR 66.A.76.

Modèle mathématique des nappes du Jurassique de la Plaine de Caen. 75 SGN 340 et 341 BNO.

Compte des eaux continentales : essai d'application à un groupe de bassins de Basse-Normandie (Calvados). 84 SGN 357 EAU.

Qualité de la nappe du Dogger dans la région de Caen. 86 SGN 171 BNO.

Annuaire du réseau piézométrique et bulletins piézométriques du département du Calvados.

Rapports divers

Département du Calvados, D.D.A.S.S., AFBSN, laboratoire départemental et régional de biologie et d'hygiène : qualité des eaux souterraines du département du Calvados.

Centre d'informatique géologique (ENSM, Paris) : modèle de simulation des ressources en eau du Bassin de l'Orne.

Carte géologique du département du Calvados, dressée en 1825 par A. de Caumont, publiée en 1828.

Carte géologique générale de la France dressée de 1823 à 1836 par A. Dufrénoy et L. Élie de Beaumont, publiée en 1842.

Carte géologique de la France à 1/80 000

Feuille *Caen* n° 29 : 1^{re} édition, levée de 1883 à 1886 par M. Lodin et L. Lecornu publiée en 1889.

2^e édition, levée de 1907 à 1913 par A. Bigot, publiée en 1913.

3^e édition, complètement révisée en 1936 par A. Bigot, publiée en 1938.

4^e édition, réimpression de la carte de Bigot (1938) avec nouvelle notice explicative par C. Pareyn et M. Rioult, publiée en 1962.

Carte géologique de la France à 1/320 000

Feuille 7-12 *Cherbourg-Rennes* par C. Barrois et A. Bigot (1938).

Carte des formations superficielles et carte géomorphologique de Basse-Normandie à 1/50 000 (Feuille Caen). Centre de Géomorphologie CNRS, Caen, bull n° 11, 1971.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

La banque de données du sous-sol du BRGM détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Ces documents peuvent être consultés soit au Service géologique régional Basse-Normandie, 2, rue du Général Moulin, 14000 Caen, soit au BRGM, Maison de la Géologie, 77, rue Claude-Bernard, 75005 Paris.

Musées et collections

- Musée paléontologique de Villers-sur-Mer, place Mermoz, Villers-sur-Mer (visite sur demande hors-saison ; en saison juin-septembre : ouverture comme le syndicat d'initiative).
- Musée Schlumberger de la prospection pétrolière et géophysique, Crèvecœur-en-Auge.
- Collection Service géologique régional Basse-Normandie.
- Collections du Laboratoire de géologie de l'université de Caen (non ouvertes au public).

AUTEURS DE LA NOTICE

Cette notice a été rédigée par :

- Michel RIOULT : introduction, description des terrains (masqués et mésozoïques à l'affleurement), remarques tectoniques et évolution structurale, occupation du sol, caractéristiques géotechniques régionales, substances utiles, documents complémentaires.
- Jean-Pierre COUTARD, Michel HELLUIN et Joël PELLERIN : formations résiduelles superficielles.
- Claude LARSONNEUR : géologie de la marge sous-marine.
- Philippe de LA QUÉRIÈRE : hydrogéologie.
- Michel PROVOST : végétaux et paysages.