



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

BUREAU DE  
RECHERCHES  
GÉOLOGIQUES  
ET MINIÈRES

# MACHECOUL

XI-24

## MACHECOUL

La carte géologique à 1/50 000  
MACHECOUL est recouverte par la coupure  
NANTES - ILE-DU-PILIER (N° 117)  
de la carte géologique de la France à 1/80 000

*Baie de Bourgneuf*



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE  
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES  
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL  
Boîte postale 6009 - 45018 Orléans Cédex - France



# NOTICE EXPLICATIVE

## SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION .....	2
DESCRIPTION DES TERRAINS .....	2
<i>ROCHES MÉTAMORPHIQUES</i> .....	2
<i>ROCHES INTRUSIVES</i> .....	8
<i>TERRAINS TERTIAIRES</i> .....	10
<i>TERRAINS QUATERNAIRE RÉCENT ET ACTUELS</i> .....	17
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES .....	23
<i>REMARQUES STRATIGRAPHIQUES ET STRUCTURALES</i> .....	23
<i>PALÉOTOPOGRAPHIE DE L'ÉOCÈNE</i> .....	25
<i>TECTONIQUE POST-LUTÉTIENNE</i> .....	25
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS .....	26
<i>REMARQUES HYDROLOGIQUES</i> .....	26
<i>SUBSTANCES UTILES</i> .....	26
<i>GÎTES MINÉRAUX</i> .....	26
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE .....	27
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i> .....	27
<i>SONDAGES</i> .....	27
<i>BIBLIOGRAPHIE</i> .....	34
<i>DOCUMENTS CONSULTABLES</i> .....	36
AUTEURS .....	36

## INTRODUCTION

Les terrains couverts par la feuille Machecoul constituent le versant nord-est de la baie de Bourgneuf, vaste dépression antérieure au Crétacé supérieur, qui a évolué ensuite tantôt en milieu continental, tantôt en milieu marin. Elle fut submergée durant de longues périodes au cours du Cénozoïque (à l'Yprésien, au Lutétien, à l'Helvétien, au Pliocène et à maintes reprises au Quaternaire). Le fond de la baie est occupé par un marais maritime tapissé de dépôts flamands.

Dominant au Nord-Est le marais et la baie, s'élève un talus subrectiligne, d'orientation générale N 110° E, qui se prolonge en direction de la pointe Saint-Gildas et qui constitue le revers d'un bloc basculé vers le Nord-Est. Il est longé par un grand accident, subparallèle à ceux de Saint-Père-en-Retz, de Saint-Urbain—Challans, de Noirmoutier et de l'île d'Yeu.

De relief très plat dans l'ensemble, le terrain comporte cependant de nombreuses petites dépressions, d'origine tectonique, occupées par des dépôts éocènes (bassins d'Arthon—Chéméré et de Machecoul) ou pliocènes (gouttière de la Haute-Perche, bassin de Saint-Hilaire-de-Chaléons, bassin de Machecoul).

Les très nombreux dépôts tertiaires situés dans les paléovallées et dans des paléodépressions attestent l'ancienneté du dessin général du relief de cette région.

Le socle comporte seulement des formations métamorphiques épizonales et mésozonales (celles-ci partiellement rétomorphosées), traversées par le massif granitique de Sainte-Pazanne. La grande structure synclinale, en pli couché, dont le cœur est occupé par les porphyroïdes des Moutiers, se poursuit sur le territoire des feuilles Noirmoutier-en-l'Île et Saint-Philbert-de-Grand-Lieu.

## DESCRIPTION DES TERRAINS

### ROCHES MÉTAMORPHIQUES

ξ<sup>2</sup>. **Micaschistes et gneiss plagioclasiques de Port-Saint-Père, à deux micas et grenats. Amphibolite de Sainte-Pazanne (δ).** Ils forment un septum à l'intérieur du granite γ<sup>3</sup>ζ et se prolongent vers Saint-Léger-les-Vignes, au Nord-Est. Ces micaschistes se débitent en fines plaquettes, à surface micacée et à reflets argentés, boursouffées par de petites pustules feldspathiques de 1 à 3 mm de longueur ; la surface des couches est gondolée ou ondulée (la Laurière).

Au microscope, on observe un empilement de petits porphyroblastes d'albite, en forme de lentilles, disposés à plat dans les plans de foliation, séparés et moulés par de fines membranes de muscovite et de biotite. Ces porphyroblastes sont parfois presque jointifs. Ils sont très étirés et aplatis (leur épaisseur correspond le plus souvent au quart de leur longueur). Ils sont constitués par une albite primaire finement maclée, nébuleuse, déchiquetée, sur laquelle se greffent des recristallisations d'albite limpide, non maclée, de même orientation. L'une et l'autre comportent de très nombreuses inclusions de quartz, soit en gouttes, soit en fines lentilles ou en tablettes parallèles au plan de foliation de la roche. On observe parfois une vingtaine de ces fines lames superposées dans l'épaisseur d'un porphyroblaste (1 mm). La longueur de ces tablettes est de 3 à 10 fois supérieure à leur épaisseur, ce qui évoque les *platten quartz* des roches de haute pression. Vue en coupe, la surface de contact entre l'albite et les inclusions de quartz forme des dents de scie, pénétrant dans le feldspath.

Les porphyroblastes de quartz sont beaucoup moins nombreux que ceux d'albite. Ils sont extrêmement étirés et se terminent en « queues » effilées, formées de quartz

mylonitique. La trame comporte des lits très fins de biotite et de muscovite, enserrant de petits grains d'albite et surtout de quartz. La biotite est jaune pâle et criblée de petits grains ferrugineux. Les micas se moulent sur les amandes d'albite. La tourmaline, bleutée, est présente.

Plusieurs séries de déformations peuvent être observées dans cette roche :

- un étirement extrême du quartz, prenant la forme de plaquettes ;
- un cisaillement des porphyroblastes, tronçonnés perpendiculairement à la direction d'étirement maximum (les fissures sont souvent comblées par de la chlorite) ;
- un déplacement relatif des « noyaux » albitiques, qui ont plus ou moins glissé les uns par rapport aux autres et tourné, si bien que les plaquettes de quartz incluses, primitivement parallèles à un plan de foliation, lui sont devenues localement obliques ou perpendiculaires ;
- des linéations de microplis, obliques à l'axe b, sont fréquentes.

Ces micaschistes à porphyroblastes d'albite, situés à proximité des amphibolites et serpentinites de Port-Saint-Père (feuille Saint-Philbert-de-Grand-Lieu), ont des faciès semblables à ceux des gneiss albitiques de Bois-de-Cené (feuille Challans) et de la Ville-au-Vay (feuille Nantes), eux aussi associés à des prasinites, des amphibolites et des serpentinites.

A l'angle sud-est du territoire de la feuille, entre la Croix-Besseau et le bois Grassin, affleurent des micaschistes à muscovite argentée et chloritoïde en baguettes, accompagné de grenat. Les microplis y sont très fréquents. Au Sud du Bourg-Saint-Martin, le lit rocheux du Falleron est constitué par la même roche. Ces micaschistes à chloritoïde, qui affleurent largement dans le cadre de la feuille Palluau, forment au Nord l'enveloppe externe de l'anticlinal de Bois-de-Cené.

δ. *Amphibolites de Sainte-Pazanne*. Cette formation occupe l'extrémité sud-ouest d'une masse elliptique de roches basiques et ultrabasiques (amphibolites massives, avec ou sans grenats, prasinites et serpentinites), bordée au Nord par les gneiss albitiques de Port-Saint-Père (feuille Saint-Philbert-de-Grand-Lieu). Entre Sainte-Pazanne et la Bazonnaire, les deux principaux faciès représentés sont des prasinites et des amphibolites. Les premières se présentent en plaquettes verdâtres, de 1 à 2 cm d'épaisseur, à surface lisse et soyeuse ; la roche est finement litée, à structure lépidoblastique. L'amphibole est une trémolite-actinote vert très pâle et très allongée. La zoïsite est abondante, en petits grains ; l'albite, très fine, est dispersée dans la trame, ou disposée en lits, alternant avec ceux de l'amphibole aciculaire. On observe dans la roche des phénomènes de laminage : les prismes fins de la trémolite-actinote sont effilés aux extrémités, et tordus ; les lits feldspathiques sont écrasés et boudinés. Les amphibolites sont massives, à structure grenue ; les minéraux sont un peu allongés dans la direction d'étirement maximum ; l'amphibole est presque incolore, jaune très pâle ; elle est plus abondante que le plagioclase. Certains faciès comportent de très nombreux grenats. La foliation peut être soulignée par des lits de biotite et de mica blanc, en fines paillettes. Localement, on observe une structure rubanée, due à la présence de lits de sphène et de zoïsite.

La cataclase est parfois intense dans ces faciès compacts : une structure *en mortier* se développe, avec des grains de feldspath et d'amphibole arrondis, dans un ciment mylonitique quartzo-micacé ; ailleurs, c'est un puzzle de grains d'amphibole écrasés ; les fentes de la roche sont remplies par de la zoïsite ou du feldspath. Des bandes de mylonites fluidales soulignent l'importance du laminage qui a affecté ces formations, en même temps que le granite  $\gamma^3 \xi$ .

$\xi_{bm}^2$ . *Micaschistes et gneiss de Sainte-Pazanne, à deux micas et grenats, en plaquettes*. A l'Ouest de Sainte-Pazanne, affleurent des gneiss finement grenus, se débitant en plaquettes. Entre ces bancs compacts sont intercalés des lits plus schisteux et plus micacés. La roche a cristallisé sous forte pression : les grains de quartz sont très

étirés, comme ceux de l'albite, pourvus de macles polysynthétiques. Les lits micacés alternent avec les lits quartzo-feldspathiques. Les lamelles de muscovite et de biotite sont entremêlées, mais la première domine. Le grenat est petit, mais très abondant ; la tourmaline et le leucoxène sont présents (la Rotardière, le Bignon). Le même faciès peut être observé au Sud de Sainte-Pazanne, jusqu'aux environs de la Foucaudière, où affleure l'orthogneiss  $\gamma^3\zeta$ , ainsi que le long de la Blanche, entre la Ville-Maurice et la Caillaudrie. A la Planche-Paquier, la roche est fortement écrasée et prend parfois une structure en mortier.

$\xi_a^2$ . **Micaschistes et gneiss albitiques à deux micas et grenats. Grenat (g). Amphibolite de Saint-Hilaire-de-Chaléons ( $\delta$ ).** Cette formation figure un dôme qui ceinture à l'Ouest le granite de Sainte-Pazanne ; du point de vue pétrographique, elle forme la transition entre les micaschistes  $\xi_b^2$  et  $\xi_{bm}^2$  d'après la quantité d'albite qu'elle renferme d'après sa taille et son degré d'allongement. Ces métagrauwackes brun verdâtre, à surface micacée, se débitent en lamelles ou en plaquettes. La roche est constituée d'une alternance de lits micacés, fins, et de lits quartzo-feldspathiques. Quartz et feldspath sont isogranulaires : la longueur des grains de quartz et d'albite ne dépasse pas le double de leur épaisseur. Le quartz est plus abondant que l'albite qui comporte parfois des macles polysynthétiques. La foliation est très prononcée : les micas sont abondants, disposés en lits parallèles constitués par un feutrage de lamelles de muscovite et surtout de biotite qui peut atteindre 0,5 mm d'épaisseur. Quelques grenats de petite taille (inférieure à 0,2 mm) sont inclus dans la roche, et souvent encapsonnés par la biotite (le Pont à la Hourserie).

Le sphène est présent, en grains très petits, ainsi que la tourmaline, brune ou bleue.

$\delta$ . **Amphibolites de Saint-Hilaire-de-Chaléons.** Elles affleurent de part et d'autre du ruisseau, à 1 km à l'Est de Saint-Hilaire. La roche est grenue, très peu orientée et constituée de grains trapus d'amphibole incolore, disposés en tous sens, avec plagioclase, quartz, grenat, apatite et rutile.

$\xi_b^2$ . **Micaschistes albitiques à deux micas (ou muscovite et biotite chloritisée), Schistes de Saint-Gilles p.p.. Grenat (g). Phtanite (ph).** Les micaschistes  $\xi_b^2$  forment une ceinture autour du dôme anticlinal constitué par les gneiss  $\xi_a^2$ . Vers l'Ouest, ils passent sous les micaschistes  $\xi_m^2$  et les porphyroïdes de la Plaine-sur-Mer, avec des pendages faibles. Vers l'Est, la largeur d'affleurement de cette bande de micaschistes se réduit, du fait du redressement des pendages ( $45^\circ$ , puis  $70^\circ$  SW, au-delà du bois Flamberge). Ils se poursuivent tout le long du flanc sud de l'anticlinal de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu.

Au Nord de Pornic et de Machecoul, ces micaschistes satinés, gris-vert, comprennent deux faciès principaux, caractéristiques des Schistes de Saint-Gilles (feuille Palluau-IIe d'Yeu à 1/80 000). Un faciès grenu comprend des rythmes fins millimétriques, comprenant des lits clairs quartzo-albitiques et des lits verdâtres micacés ; un faciès feuilleté est essentiellement micacé, les lits siliceux étant réduits à une fraction de millimètre (le Val-Saint-Martin). De nombreuses lentilles graphiteuses, de quelques centimètres d'épaisseur et de 0,5 à 1 m de longueur, sont intercalées dans cette formation (la Bertaudrie). A la Meutrierie, on observe des bancs de microquartzite noir (ph).

La roche peut avoir un aspect tacheté, dû à la présence de petits porphyroblastes de biotite, parfois très nombreux et accompagnés de petits grenats (la Grande-Métairie) : cet aspect rappelle celui de la partie nord des rochers de Sauveterre (feuille Palluau à 1/80 000). Une rétro-morphose presque généralisée atteint ces micaschistes ; la biotite est chloritisée, partiellement ou totalement : on peut observer le passage progressif de l'une à l'autre dans le même cristal ; mais les auréoles pléochroïques formées autour des zircons sont conservées dans la chlorite, ce qui apporte la preuve de cette rétro-morphose irrégulière.

Ces micaschistes affleurent largement dans la région de Pornic qui est située sur un bloc soulevé, limité à l'Ouest par la faille de Sainte-Marie. De Pornic à Sainte-Marie, le faciès est finement rythmique, surtout quartzo-micacé ; la biotite, partiellement chloritisée, est moins abondante que la muscovite. Il s'y intercale des *lentilles surmicacées* de quelques centimètres de diamètre et de 1 cm d'épaisseur, criblées de petits grenats et parfois de petits porphyroblastes de biotite. La muscovite de ces lentilles est brillante, à reflets argentés. Certains lits micacés, de teinte sombre, sont riches en chlorite et en graphite. Les amygdales d'exsudation sont uniquement quartzueuses, avec des enduits de chlorite verte en fines écailles.

Les falaises de la plage Mombeau sont parmi les plus spectaculaires ; dans la partie est, les faciès grenus sont abondants ; disposés en bancs de 0,1 à 0,5 m, ils sont affectés par un intense boudinage. La roche est tachetée par de petits porphyroblastes de biotite longs de 1 à 2 mm ; les lentilles muscovitiques sont criblées de grenats et de biotite. Dans les faciès finement rythmiques, le quartz est en minces tablettes et en lentilles très étirées, surtout dans les lits un peu graphiteux dans lesquels le rapport largeur/longueur est de 1 à 10. L'albite peu abondante a le même habitus. Le grenat est très fréquent (0,2 à 0,3 mm). La muscovite est en lamelles fines, ou en feutrage ; son orientation régulière détermine une excellente foliation. De la biotite peut être intercalée dans la muscovite ; mais elle existe surtout en porphyroblastes lenticulaires, plus ou moins aplatis dans le plan de foliation, ou disposés obliquement à celui-ci. Elle est en grande partie chloritisée, ainsi que certains grenats.

**Tectonique.** De Pornic jusqu'à la plage Mombeau, plusieurs phases de métamorphisme et de plissements peuvent être reconnues :

— *phase I* : foliation et schistosité de flux, de plan axial, associées à des plis isoclinaux, avec exsudation de lentilles de quartz ;

— *phase II* : foliation et plis isoclinaux, homoaxiaux de ceux de la phase I, plissant la foliation I et les lentilles de quartz. Une linéation d'éirement est visible sur les lits siliceux. A la fin de cette phase, une élévation de température permet le développement de porphyroblastes de biotite et de grenat ; quoique déclinante, la pression est encore forte et les porphyroblastes sont plus ou moins étirés. A l'anse Mombeau, les plis de phase II sont très couchés, déversés au N.NW et orientés à N 90° à 110° E ; leurs flancs portent une très fine crénulation, parallèle à l'axe du pli. Sur l'estran, les plis isoclinaux sont couchés presque à l'horizontale et extrêmement aplatis. Les charnières deviennent invisibles ;

— *phase III* : certains plis II sont replissés par des plis couchés en chevrons, d'axe N 140° E et déversés au Nord-Est.

En conclusion, les micaschistes  $\xi_b^2$  de la région de Pornic sont remarquables à plusieurs points de vue :

— par leur faciès finement rythmique, et leur composition minéralogique, ils font partie de la formation dite de *Saint-Gilles* ;

— par le caractère polyphasé du métamorphisme qui les affecte, et l'existence de porphyroblastes de biotite et de grenats, ils rappellent les schistes de Sauveterre (cf. notice explicative de la feuille Palluau à 1/80 000, p. 38) ; l'isograde de la staurotide n'est cependant pas atteint, comme c'est le cas à Sauveterre ;

— par la rétro-morphose qui affecte certains minéraux (biotite et grenat), ils participent à un phénomène régional important.

$\xi_m^2$ . **Micaschistes à muscovite, albitiques ou non, avec ou sans grenat, Schistes de Saint-Gilles p.p. Grenat (g).** Ils affleurent sur les deux flancs du grand pli couché synclinal des Moutiers-en-Retz, ainsi que sur le flanc sud du pli synclinal de Saint-Michel-Chef-Chef. Ils ont une structure finement rythmique, comme les micaschistes  $\xi_b^2$  ; mais la muscovite y est beaucoup plus abondante et la biotite primaire, très fine, est complètement rétro-morphosée en chlorite. On n'observe pas de porphyroblastes de biotite ; l'albite et le grenat sont beaucoup moins abondants (le Porteau). Des *lentilles*

*surmicacées*, centimétriques, y sont intercalées; elles sont constituées de muscovite brillante et leur surface est lisse et argentée. On observe quelques lits micacés graphiteux (la Birochère). Les lentilles de quartz d'exsudation, épaisses de 5 à 10 cm, sont étirées en boudins et les épontes sont localement tapissées de chlorite en écailles, comme dans les micaschistes  $\xi_2^2$ . Entre le Porteau et la Girardière, le faciès rythmique et finement feuilleté des Schistes de Saint-Gilles est particulièrement bien représenté : des lits de quartz, épais de 0,1 à 1 mm, alternent avec des lits encore plus fins, surtout muscovitiques. Latéralement, le litage est régulier, mais l'épaisseur des lits varie, dans le sens vertical ; le grenat est rare et petit.

Entre la Boutinardière et la Fontaine-Breton, on observe des schistes micacés grenus et des schistes feuilletés, avec quartz, albite, muscovite et chlorite (biotite chloritisée à zircons radioactifs). Le grenat, le zircon, l'apatite et la tourmaline sont présents ; le leucoxène est particulièrement abondant à la Roche-Percée, en grains allongés millimétriques, couchés dans le plan de foliation.

**Grès blancs de la Boutinardière.** Sur cette plage, ainsi qu'en falaise, sous le bois de Monval, affleure un niveau de grès blanc micacé, psammitique, épais de quelques mètres, intercalé dans les micaschistes chloriteux. L'albite est abondante dans les lits siliceux épais de 2 à 3 mm ; on observe de nombreux zircons cassés détritiques. Leur faciès et leur position stratigraphique sont les mêmes que ceux des grès blancs de la Source, au Nord du Redois (feuille Paimbœuf).

Ces micaschistes portent la marque de plusieurs phases de plissement :

— *des plis couchés isoclinaux*, orientés N 90° à 130° E, déversés au Sud-Ouest et parfois très plats et même subhorizontaux (la Birochère). Une forte linéation d'étirement est parallèle aux axes de ces plis, comme dans les porphyroïdes. Le plissement est intense, entre la Boutinardière et la Fontaine-Breton ;

— *des plis en chevrons*, de 1 à 2 cm d'amplitude, orientés à N 150-170° E et fortement dissymétriques, qui recoupent les plis couchés. Les flancs ouest sont longs et doux, les flancs est plus courts et plus pentus. Une très forte schistosité de fracture y est associée, parallèle aux plans axiaux ;

— *des plis largement ouverts*, orientés à N 150° E, comportant aussi une schistosité de fracture, de plan axial (la Maison-Rouge).

Ces trois phases de plissement sont semblables à celles qui ont été reconnues dans le Silurien de Brétignolles et dans le Briovérien de Sauveterre (cf. notice de la feuille Palluau à 1/80 000, 2ème édition).

De nombreuses zones d'écrasement peuvent être observées, ainsi que des failles de faible rejet et d'innombrables cassures, tout au long des falaises, dans ce secteur longé par une importante faille posthume (antérieure au Crétacé supérieur).

$\xi^3\rho$ . **Rhyolites et méta-arkoses à muscovite (« Porphyroïdes »).** **Coulées à gros phénocristaux.** **Grès blancs à muscovite (G), Phtanite (ph).** La formation dite des *Porphyroïdes* est un complexe volcano-sédimentaire, constitué par des nappes d'épanchements rhyolitiques, alternant avec les produits de leur érosion, plus ou moins remaniés : arkoses grossières, arkoses fines schisteuses, grès blancs micacés (G), schistes et quartzites noirs (ph), d'épaisseur métrique. Cet ensemble métamorphique a cristallisé dans un faciès de schistes à muscovite.

Les porphyroïdes affleurent sur la partie méridionale de la feuille et se prolongent sous la mer, en direction de la pointe Saint-Gildas. Encadrée symétriquement au Nord et au Sud par les Schistes de Saint-Gilles, cette formation occupe le cœur d'une structure synclinale très couchée et déversée au S.SW.

• **La porphyroïde massive** forme des nappes de 2 à 10 m de puissance, bourrées de phénocristaux de quartz à reflets bleutés, de microcline à double macle ou maclé Carlsbad et, accessoirement, d'albite à macles polysynthétiques ; ils sont dispersés dans une trame quartzo-feldspathique, à lits micacés. On observe ce faciès à plusieurs

niveaux de la formation (la Porquinière, la Jarrie, Prigny) et, sur l'estran, à Roche-Marie, la Bernerie, etc. Les phénocristaux de quartz et de microcline peuvent atteindre 1 à 2 cm de longueur par suite de l'étirement ; ceux d'albite sont de taille plus réduite. Les grains de microcline sont fréquemment presque jointifs et alignés dans la direction d'étirement maximum de la roche. Sous l'effet du laminage, il s'est produit des concentrations de grains de microcline, à partir de l'un d'eux, formant butoir (la Jarrie, Prigny). Soudés entre eux par du quartz, ils forment des baguettes de 5 à 10 cm de longueur. Lorsque les rangées parallèles sont nombreuses dans un même plan, elles engendrent des nappes de boudins. Dans la trame sont dispersés de nombreux phénocristaux de quartz et de microcline, de plus petite taille.

Sur l'estran de la Sennetière affleure une rhyolite finement litée, à petits phénocristaux.

- *La porphyroïde schisteuse à grands feldspaths* est plus finement feuilletée : les lits quartzo-feldspathiques alternent avec les lits micacés ; mais les phénocristaux de feldspath et de quartz sont aussi abondants que précédemment (la Guérvivière, Noyeux).

- *Des tufs à faciès ampéliteux* peuvent être observés (la Rochandière, rochers du Châtelet, à l'Ouest de Crève-Cœur) : la trame est constellée d'un fin pigment noir, qui cribble aussi une partie des phénocristaux de microcline ; d'autres sont restés clairs ; d'autres enfin sont irrégulièrement tachetés de noir. Des phénocristaux de quartz à reflets bleus les accompagnent. Les bancs à faciès oëillés sont séparés par des niveaux finement lités, sans porphyroblastes.

- *Les arkoses granuleuses* ont un débit en plaquettes à surface boursouflée ; de nombreux petits porphyroblastes de quartz et de microcline sont dispersés dans une trame finement rythmique, en feuilletés de 0,5 à 2 mm d'épaisseur (la Briancière).

- *Les arkoses schisteuses* sont finement feuilletées, avec des lits de mica blanc (épais de 0,5 à 0,2 mm) alternant avec des lits plus clairs, à petits grains étirés de quartz et d'albite (la Gâte, le Chêne).

- *Les schistes à grains de quartz* ont une trame très finement feuilletée, avec des lits de muscovite, épais de 0,1 à 1 mm, lenticulaires, séparés par des lits clairs, épais de 0,1 à 0,5 mm, formés de grains de quartz allongés ou en damier ; le feldspath est rare dans ce sédiment plus évolué, relativement enrichi en grains de quartz. Ces derniers sont étirés à l'extrême, en lentilles très aplaties partiellement laminées en quartz mylonitique, ou même complètement recristallisées en damier (la Sennetière).

- *Dans les grès blancs à muscovite* (G), finement lités, des lits quartzeux alternent avec des lits muscovitiques.

- *Des microquartzites graphiteux* (ph) sont intercalés dans la porphyroïde schisteuse ; ils sont épais de 1 à 3 m environ et parfois plissés (la Sennetière) ; des couches très fines de poussière charbonneuse déterminent un litage dans la roche, à intervalles un peu irréguliers (0,05 à 0,5 mm) ; le quartz des lits intermédiaires est d'autant plus fin que les lits graphiteux étaient plus rapprochés.

Des filons de quartz d'exsudation, accompagnés d'un peu d'albite et de chlorite, peuvent être observés dans tous les faciès précédents.

Sur la côte, cette formation affleure largement : à Roche-Marie, on peut observer une rhyolite métamorphique, grise, à gros phénocristaux de microcline et de quartz bleu, très fortement étirés, ainsi qu'un faciès ampéliteux et oëillé, à microcline noir.

Entre Roche-Marie et Crève-Cœur, existent de très nombreux accidents : failles avec miroirs, écaillés de schistes chloriteux, de grès feuilletés et de porphyroïde, chevauchements.

A la Patorie, des schistes et des grès feuilletés ampéliteux, à lentilles de microquartzites noirs (ph), sont intercalés dans la porphyroïde ; les ampélites ont été entraînées au Quaternaire dans une injection périglaciaire qui les a soulevées de plusieurs mètres, en falaise. Au-dessous, affleure une rhyolite riche en phénocristaux de quartz



bleu et de feldspath noirâtre (1,5 cm), faisant saillie à la surface des bancs. Ce niveau, épais, repose sur des bancs de grès feldspathiques, finement rythmés.

A 25 m au Nord-Ouest du gisement de ces ampélites, les faciès détritiques des porphyroïdes sont très variés : chacun d'eux a une puissance de quelques décimètres à quelques mètres seulement. On observe, en superposition : des schistes micacés, des schistes à rythmes fins siliceux, des schistes arkosiques à lits de petits feldspaths, des schistes micacés, des grès blancs, des schistes, des arkoses grossières, des ampélites, des grès feuilletés, des arkoses fines, etc.

Sur le très vaste estran situé au large de la Boutinardière, de la Bernerie et des Moutiers, tous les faciès décrits ci-dessus sont représentés. Des bancs de grès blanc à muscovite (G) y sont associés aux microquartzites graphiteux (ph) (la Sennetière). *Rapports du métamorphisme et du laminage.* Dans les faciès œillés, le laminage est intense : les phénocristaux de quartz sont étirés (le rapport longueur/épaisseur est parfois de 1 à 6) et souvent écrasés partiellement en quartz mylonitique et fluidal qui se perd dans la mésostase ; ils sont parfois cisailés longitudinalement, les fissures étant remplies par la trame quartzo-feldspathique et micacée (la Jarrie, Prigny). Les résidus feldspathiques ont fréquemment une forme arrondie ou au contraire très anguleuse. Les grains de microcline sont fréquemment tronçonnés, en plusieurs fragments écartés les uns des autres et réunis par du quartz (mylonitique ou en mosaïque). La partie superficielle du cristal est parfois arrachée en écailles, dans le sens du laminage. La surface des grains est rugueuse, crénelée et entamée par la cristallisation du quartz de la trame. Des golfes ouverts dans les feldspaths sont remplis par la mésostase quartzo-feldspathique (la Sennetière).

La plupart des porphyroblastes de feldspath sont prolongés, aux deux extrémités, par des « queues » de quartz, formées en ombres de pression et aplaties en ailerons, qui peuvent atteindre 1 à 2 cm de longueur.

Le glissement des feuilletés les uns sur les autres a provoqué localement l'accumulation des porphyroblastes, qui se chevauchent et basculent obliquement par rapport au plan de foliation (Prigny). Une très forte linéation d'étirement affecte la roche. A la fin de cette phase de laminage maximum, il s'est formé du microcline limpide, très finement maclé, à la périphérie du microcline, dans les zones d'arrachement. Une albition partielle atteint les porphyroblastes de microcline, avec formation d'albite en échiquier, de même orientation que celle du minéral-hôte.

#### ROCHES INTRUSIVES

$\gamma^3 \xi$ . **Granite gneissique feuilleté, blastomylonitique ou à deux micas, microcline et albite ; g. Grenat.** Long de plus de 25 km, le massif granitique de Sainte-Pazanne est allongé en direction E-W, comme celui de Frossay (feuille Paimbœuf), mais sa bordure orientale est rabattue vers le Sud-Est ; de forme compacte à l'Ouest, il se ramifie vers l'Est en plusieurs apophyses, dans le cœur de l'anticlinal de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu.

Le granite de Sainte-Pazanne comporte une foliation métamorphique et cataclastique très marquée, contrairement au massif de Frossay. Entre les deux massifs s'étend le long pli couché synclinal de Saint-Michel-Chef-Chef à la Sicaudais, constitué par des porphyroïdes et des micaschistes.

La roche est un granite sodi-potassique leucocrate à deux micas, à grain fin, la taille des grains dépassant rarement 0,2 à 0,3 mm ; les porphyroblastes de microcline et d'albite qui y sont inclus atteignent 1 à 3 mm, parfois 1 cm.

Les faciès sont variés : sur la bordure ouest, le granite est massif, alors qu'au Sud et à l'Est, il se débite en dalles : on observe des blastomylonites finement feuilletées, rubanées, fluidales ou œillées, à débit lamellaire ou en plaquettes.

*Faciès orientés, non cataclastiques (Beauséjour, l'Ennerie).* La roche est très feuilletée ou litée et se débite en lamelles. La structure est équante, finement grenue, et la trame

quartzo-feldspathique, isogranulaire et en damier, englobe des porphyroblastes dispersés. Le quartz est abondant et xénomorphe. Les feldspaths n'ont aucune orientation préférentielle. Le feldspath potassique, très abondant, est subautomorphe, à double maclé du microcline, parfois maclé Carlsbad. Il contient des veinules ou des fuseaux de micropertithe peu abondante, et parfois de petits individus de plagioclase finement maclé. On y observe quelques fines gouttes de quartz. La taille des grains les plus gros de la trame atteint 3 mm, et celle des porphyroblastes 1 cm ; ces derniers sont parfois concentrés en masses de cristaux jointifs (la Ricotière).

L'albite, subautomorphe, est moins abondante que le feldspath potassique et de plus petite taille (0,1 à 0,2 mm) ; les porphyroblastes sont rares, et parfois constellés par une fine poussière de micas. La biotite est toujours de petite taille (5 à 10 microns), en paillettes alignées ou groupées en nids, et associées ou non au mica blanc. La muscovite est abondante et disposée en lits.

Le grenat est automorphe, et parfois groupé en amas. L'apatite est rare. Le zircon est zoné, court et trapu. Sur la bordure ouest du massif, la staurotide et la tourmaline sont présents.

Même dans les faciès non cataclastiques, on observe un début de déformation : quartz à extinction roulante, feldspaths tordus, micas blancs entraînés dans une fine « coulée » de quartz mylonitique.

*Faciès cataclastiques.* a) *Aux premiers stades*, la cataclase consiste en un simple écrasement (la Ricotière) et, à l'Ennerie, tous les minéraux sont craquelés ou éclatés, mais sans développement de plans de laminage. Des fragments de quartz sont incrustés à la périphérie des porphyroblastes de microcline ; la biotite devient noirâtre et la muscovite, légèrement jaunâtre, est étirée en lamelles flexueuses. Le grenat est débité en éclats. A la Colinerie, la roche affleurante se débite en fines esquilles (de 1 à 2 cm de long). Dans les feldspaths, l'écrasement a provoqué un décollement des clivages et un émiettement en petits fragments de 10 microns environ. Ce faciès « émietté » est visible au Nord de Pont-Béranger, à Branche-Courbe, la Vinçonnière, etc. Ailleurs, le quartz est déformé, puis émietté en petits grains (10 à 100 microns), à très forte extinction roulante, qui se répartissent sur les plans de laminage, en lits très fins, lenticulaires, à l'intérieur de la trame. Les lamelles de mica blanc se disposent parallèlement à ces plans, en languettes effilées.

b) *La cataclase se développant*, la structure planaire s'intensifie ; le quartz se disloque et se fragmente de plus en plus, et forme des lits plus épais, à structure fluidale.

Les porphyroblastes de microcline ont une surface écorchée au contact du quartz qui se disloque, et leurs fentes sont comblées par du quartz mylonitique. Certains d'entre eux ont joué le rôle de môles résistants, entourés par un liséré de mica blanc broyé, ou une couronne de quartz mylonitique.

Les lamelles de muscovite s'effilent davantage et se rompent en plusieurs fragments, qui se concentrent dans des lits parallèles à ceux du quartz mylonitique ; ailleurs, elle est effrangée et tordue, ou émiettée en petites écailles. La biotite devient noire, perd sa biréfringence ; ou bien elle est émiettée et broyée ; ses « fantômes » sont remplis par de petits amas de granules brunâtres.

Les grenats sont fragmentés et leurs débris s'égrènent dans les plans de schistosité.

c) *Faciès à résidus.* Une structure *en mortier* apparaît, avec un grain de plus en plus fin, à mesure que le laminage s'intensifie. Le faciès est largement œillé. A la gare de Sainte-Pazanne, à la Coche, au Retail, on observe une blastomylonite se débitant en feuillets de 1 à 2 cm d'épaisseur. Les nombreux phénoblastes de microcline rose (2 cm) sont écorchés, tordus, cisailés ou émiettés dans les plans de laminage ; du quartz mylonitique très fin sert de ciment (ou parfois de la chlorite). La mylonite est injectée par du quartz enfumé, en lits ou en coins. Dans certains lits de quartz fin fluidal, subsistent quelques longs fuseaux de quartz moins écrasé.

Les lamelles de muscovite sont étirées en languettes dissymétriques, plus effilées

à une extrémité, en forme de « flamme », souvent ondulées. Elles sont entraînées parallèlement aux lits de quartz fluidal. Les nids de grenats sont finement étirés, « en poisson », ou égrenés dans la purée de quartz mylonitique.

L'extrême fissilité de certains faciès (millimétriques) correspond à l'alternance de lits où se concentrent les fragments de feldspath et de lits à lentilles de quartz fluidal (Pont-Béranger, le Retail, la Coche).

*d) Mylonites à faciès bréchique.* A la Coche et au Retail, on peut observer des structures en puzzle, formées de petits fragments cassés de feldspath, disposés en tous sens et englobés dans un ciment abondant de quartz fluidal. La biotite a disparu par écrasement, ne laissant que des traînées d'impuretés noirâtres ; la muscovite est réduite à de minces filaments écrasés. Les zircons ont perdu leur limpidité, mais non leur biréfringence. Des filons aveugles de quartz, teintés de rose, lacèrent la roche dans les parties les plus laminées.

Le massif de Sainte-Pazanne, dont les micas sont orientés, est anté-métamorphe et fut initialement intrusif avant d'être affecté, comme les terrains encaissants, par le métamorphisme éo-dévonien. La foliation de cet orthogneiss est partout concordante avec celle des micaschistes et des gneiss ; elle est subhorizontale à l'Ouest et de plus en plus redressée vers l'Est (feuille Saint-Philbert-de-Grand-Lieu). Dans l'ensemble, la partie axiale du massif semble former une large gouttière, orientée E-W ; les pendages sont compris entre 10 et 20° SW dans la partie nord et entre 10 et 70° NE dans la partie sud.

Les phénomènes d'écrasement observés sont postérieurs à la consolidation des minéraux primaires ; il s'agit de mylonites « froides », d'âge hercynien. Le rubanement, le débit lamellaire sont les effets d'un puissant laminage pendant une phase orogénique de compression et de cisaillements intenses, comparable à celle qui a affecté la zone broyée sud-armoricaine.

*v. Lamprophyre de la Grande-Touche* (x = 276,5 ; y = 234). Un sill de lamprophyre, épais de 3,5 m, est inclus dans les porphyroïdes, à 1 km à l'Ouest de Saint-Cyr-en-Retz. Situé au voisinage de la grande faille allant de la pointe Saint-Gildas à Macheoul, il est très fragmenté en une brèche à matrice argileuse.

#### TERRAINS TERTIAIRES

**e3. Illelien supérieur (faciès sparnacien). Argiles noires de la Sennetière et du moulin des Penauds. Gisement de la Sennetière.**

Sur la côte est de la baie de Bourgneuf, entre les bourgs de la Bernerie et des Moutiers, au lieu-dit la Sennetière, un niveau d'argile noire d'environ 40 cm d'épaisseur est interstratifié dans une brèche qui surmonte les micaschistes du substratum. L'analyse palynologique de cette argile met en évidence une grande richesse en spores et pollens. L'importance et la diversité du groupe des Normapolles situe le gisement dans l'Illelien supérieur.

Le climat chaud et humide qui a permis le développement des latérites (J. Estéoule-Choux, 1967) a favorisé l'épanouissement d'une flore riche en plantes thermophiles : Schizéacées, Sapotacées, Cyrillacées, Nyssacées, Olacacées, etc. La présence du pollen de Palmier *Nypa*, d'Acritarches et de Dinophycées conduit à envisager l'existence d'une zone de mangroves dans la baie de Bourneuf (un dépôt analogue est connu sur la côte orientale de l'île de Noirmoutier). Ces mangroves peuvent être considérées comme annonçant dans la région la transgression cuisienne dont les dépôts à *Nummulites planulatus* sont connus plus au Nord (Quiberon, Port-Louis).

**Gisement du moulin des Penauds.** A 1 km au Sud-Est de Saint-Hilaire-de-Chaléons, s'élève une butte couronnée par des dalles de grès siliceux, de type Grès à *Sabalites*, épaisses de 1 m et reposant sur 5 m de sable fin. Des sondages effectués par J. Mounès, en bordure de la butte, ont révélé l'existence d'un dépôt d'argile noire, sous le sable fin, entre + 15,3 et + 13,5 NGF. L'argile repose elle-même sur du sable aquifère.

Des sables rouges pliocènes forment une ceinture autour de la butte.

**Analyse palynologique** (par J.-J. Châteauneuf). L'argile organique du gisement des Penauds a livré des pourcentages très élevés de spores de *Polypodiaceae* et de *Schizaceae* (80 %). Parmi celles-ci les plus importantes sont : *Cicatricosisporites dorogensis* (Pot., Gell.) Kds. 1961, *Punctatisporites gelletichi* Kds. 1961, *Polypodiaceosporites potoniei* (Pot., Gell.) Kds. 1961 et *Concavisporites obtusangulatus* (Pot.) Kr. 1959. Les *Sparganiaceae*—*Restionaceae* sont également abondantes (10 %). Le reste de la microflore est représenté par des pollens de *Myricaceae*, *Sapotaceae*, *Nyssaceae*, *Juglandaceae* dont les plus caractéristiques sont : *Plicapollis pseudoexcelsus*, *Tricolporopollenites semiglobosus*, *Tetracolporopollenites manifestus*, *Tricolporopollenites krutzschi*, *Subtriporopollenites constans*.

Cette association caractérise un environnement local marécageux humide qui est assez différent de celui de la Noultrie (Sud de la feuille Paimbœuf), très riche en pollens d'Angiospermes (*Myricaceae*) et Gymnospermes, certainement situé dans une zone plus ouverte à la végétation de l'arrière-pays.

Ces deux gisements sont très proches dans l'espace (14 km) et situés à une cote altimétrique comparable ; les différences constatées dans leur contenu microflore sont imputables à des environnements de dépôt sensiblement différents.

Du point de vue stratigraphique, ils sont très proches de celui de la Sennetière et les associations sporopolliniques qualitatives ne permettent pas de les différencier. A la lumière des données nouvelles de stratigraphie établies dans le Bassin de Paris sur la base de la répartition des Dinoflagellés, l'examen du phytoplancton de la Sennetière permet de placer ce gisement dans l'Ilerdien supérieur (zone à *Wetzeliella meckelfeldensis*) en équivalence avec la base de la formation définie dans le Bassin de Paris sous le nom de *Sables de Laon*.

Ainsi les deux gisements (les Penauds et la Noultrie) pourraient se situer dans une zone laguno-continentale, située en arrière de la lagune à *Nypa* et Dinoflagellés localisée au niveau des gisements de Noirmoutier, Fromentine et la Sennetière.

Les dalles de grès siliceux du sommet de la butte des Penauds sont bien en place (malgré leur nom de *Cromlec'h*) ; les sables dans lesquels s'est effectuée la cimentation sont très fins, non carbonatés et ne ressemblent en rien aux dépôts lutétiens de la région (Arthon, Machecoul).

Reposant sur les argiles de l'Ilerdien supérieur, ces sables blancs fins pourraient appartenir à *Cuisien*, ainsi que le matériel de certains des blocs de grès silicifié épars sur les plateaux de la région et figurés, avec doute, sous le signe Esc, tels ceux de la Bitauderie, à 1,5 km au Nord de Chéméré, où les dalles de grès siliceux, culminant à 16 m, reposent sur du sable fin siliceux, épais de plus de 9 mètres.

**esc. Lutétien supérieur. Calcaires sableux et dolomitiques à Nummulites. Sables et dalles de grès siliceux.** Les gisements du Lutétien ont été étudiés par G. Vasseur (1881), S. Durand (1960) et J. Mounès (1974). Ils sont tous situés dans des dépressions (bassin de Machecoul et Marais breton, bassin d'Arthon—Chéméré) dont l'origine est en relation avec des accidents importants du socle.

• **Bassin de Machecoul.** Il se trouve à la terminaison orientale de la vaste dépression de la baie de Bourgneuf, zone effondrée dès avant le Crétacé supérieur et en grande partie tapissée par des dépôts lutétiens. Ceux-ci s'étendent sous le bri du marais, entre les îles ; la partie sud du bassin a été en partie débarrassée de sa couverture tertiaire, dès avant le Pliocène : les sables graveleux de cet étage, en effet, remblaient la paléovallée du Falleron, au Sud de Machecoul, entre le pont sur la D 95 et le Vignau (feuille Saint-Philbert), sur 10 m au moins d'épaisseur.

Au Collet, à l'ancien estuaire du Falleron, l'Éocène a été déblayé aussi.

Le Lutétien peut être étudié en carrière, aux environs de Machecoul (la Grange, les Prés Neufs). De nombreux sondages, effectués pour des recherches hydrogéologiques, l'ont traversé.

Il repose généralement sur un éluvium argileux, à fragments de quartz arrachés au socle, épais de 0,5 à 2 mètres.

Sous ces dépôts, les micaschistes ( $\xi^2$ ) sont généralement très altérés (sur 5 à 13 m de profondeur), et même parfois transformés en argile blanche kaolinique.

Au Nord et au Nord-Ouest de Machecoul, le toit du socle se trouve entre - 4 et - 11 NGF. A 2 km au Nord Est (le Cerisier), des micaschistes à muscovite et grenats existent à + 3 NGF, sous le sable lutétien.

Le remblaiement atteint 8 à 10 m d'épaisseur en de nombreux endroits (16 à 17 m au Nord et au Nord-Ouest de Machecoul). Il est constitué par une alternance de calcaires gréseux, en 5 ou 6 bancs superposés, et de sables calcaires fins, renfermant des nodules et des boules de calcite.

Un banc très dur de calcaire cristallin a été traversé par le sondage H4, entre 9,50 et 12 m de profondeur.

Dans les calcaires gréseux, à grains de quartz limpides, le pourcentage du  $\text{CaCO}_3$  est de 50 à 60 %.

Les sables sont disposés en lits parallèles ou à stratification entrecroisée, ou encore en lentilles. Des gravillons peuvent y être intercalés. A la carrière de Richebourg, la pente des sables peut atteindre  $20^\circ$  (vers l'W.SW). Vers le haut, le triage est moins bon, le sable plus grossier et encore moins émoussé. Parmi les minéraux lourds dominent la staurotite (jusqu'à 43 %), le zircon, le rutile, le grenat (jusqu'à 17 %), tous minéraux d'origine locale. S. Durand y signale la présence d'orbicules remaniés.

En bordure nord-est du bassin, à 2 km au Nord-Ouest de Machecoul (le Cerisier), les sables lutétiens à *O. complanatus* n'ont que 2 m d'épaisseur.

Au Bourg-Saint-Martin, on observe des sablons calcaires blancs, très fossilifères, peu consolidés, épais de 4 mètres.

Les sédiments lutétiens du bassin de Machecoul sont tapissés par une nappe de sable fin, brun clair, sans doute d'origine éolienne ; celui-ci repose sur un mince lit de galets de quartz et remplit les cavités superficielles et les fentes du calcaire.

La faune, étudiée par Vasseur, comprend : des Mollusques *Ostrea flabellula*, Lmk., *Cardium granulosum*, Lmk.), des Echinides (*Scutella cailliaudi*, Cott.), des Polypiers, des Foraminifères [*N. brongniarti*, d'Arch. et H., *Orbitolites complanatus*, des Alvéolines, des Miliolites (*Quinqueloculina* sp., *Triloculina* sp.)]. La révision des Foraminifères par J.P. Margerel a permis de dater ces dépôts du Lutétien supérieur ou Biarritzien, caractérisé par la présence de *Nummulites brongniarti*, d'Arch. et H.

• **Bassin d'Arthon—Chéméré.** Dominé au Nord par le talus granitique du château de Princé, il s'étend à l'amont de la gouttière tectonique de Haute-Perche, à la limite du granite cataclastique de Princé et des gneiss  $\xi_a^2$ , sur 4,5 km d'Est en Ouest et 3 km du Nord au Sud.

Des sondages, effectués en 1953, ont été étudiés par S. Durand (1960), pour qui « le fond rocheux ne présente pas une surface régulière, mais une marqueterie de petits compartiments, déplacés les uns par rapport aux autres ». Dans les carrières du Moulin-Neuf, à 1 km au Nord-Est d'Arthon, le Lutétien comprend, du sommet à la base :

— des calcaires souvent dolomitiques, avec *Orbitolites complanatus*, *Alveolina elongata* d'Orb., des *Miliolidae*, de grosses *Lituonella*, de grandes *Rotaliidae*, ainsi que des Polypiers ;

— des calcaires durs jaunâtres, souvent dolomitiques, contenant des galets roulés de quartz et de micaschiste ; les empreintes de Mollusques y sont nombreuses (grandes Cérithes) ; ce banc était nommé *shnare* par les carriers ;

— des sables dolomitiques et des grès à ciment calcaire, avec poches de sable fin, localement épais de plus de 14 mètres. On y trouve des concrétions argileuses, à empreintes végétales. Ils renferment des Echinides et des Nummulites.

Au Pas de la Haie, ces faciès reposent sur du sable grossier.

Le faciès calcaire semble plus épais dans la partie centrale du bassin (sondages 507-3-11 et 507-3-19, à l'Ouest de la Pacauderie). Dans les autres sondages, le Lutétien

est essentiellement représenté par des sables calcaires et dolomitiques : à 600 m au Nord d'Arthon, ils gisent entre + 12 et - 8 NGF.

A l'Est du bassin, à 300-400 m à l'Ouest de la Pacauderie, les sables reposent sur des argiles noires, entre - 4 et - 7,5 NGF (sondage 507-3-13) et entre - 8 et - 10 (sondage 507-3-18). D'après S. Durand, ils sont riches en pollens lutéliens, évoquant une végétation à caractère tropical ; ces argiles sont les témoins d'un milieu continental, sauf au sommet où des Hystricosphères suggèrent la proximité de la mer lutétienne, qui recouvrira bientôt une grande partie de la région.

Des argiles noires, intercalées dans les sables, sont connues aussi par sondage, à 500 m à l'Est de Chéméré (entre - 7 et - 9,5).

Sous les argiles noires, dans le sondage 507-3-13, existe une poche comblée de sables *non calcaires*, peu usés et riches en débris silicifiés (Orbicules, Bryozoaires, Foraminifères). Leur âge reste imprécis (Lutétien inférieur? Paléocène?). Comme l'a souligné S. Durand, l'abondance de ces débris silicifiés remaniés apporte la preuve de silicifications pré-lutéliennes.

A la Boizonnière, les faciès du Lutétien, épais de plus de 6 m, comprennent des calcaires bruns spathiques et des calcaires gréseux en plaquettes, avec couches de sables intercalées.

Au Nord du bassin d'Arthon, les sables pliocènes qui couvrent le plateau débordent sur le Lutétien: au Pas de la Haie, le cailloutis sableux pliocène, épais de 2 m, recouvre les sables et les grès calcaires du Lutétien, disposés en alternances centimétriques. A la Mouée, le sondage 507-3-11, implanté dans la vallée du ruisseau de la Chambaudrie, a montré que celle-ci est remblayée, non d'Éocène, mais de sable jaune pliocène associé à de nombreux galets roulés.

• *En bordure de la baie de Bourgneuf*, les roches de Bouin et de la Préoire sont constituées par des dalles de calcaire éocène glauconieux à *Nummulites brongniarti* et *Vasseuria occidentalis*, qui se prolongent en un large plateau sous-marin, aux abords de l'île de Noirmoutier.

*Sur la plage des Moutiers*, des calcaires lutéliens à *Nummulites brongniarti* ont été signalés par Ferronnière (1921). Épais de 20 à 30 cm, ils reposent sur un sablon calcaire, passant latéralement à des sables verts (S. Durand).

Sur l'estran des Moutiers, à Langouttière, à la limite des plus basses mers, s'étend un platier de calcaire silicifié (avec calcédoine et opale) ; il renferme de très nombreux petits grains de quartz anguleux, des esquilles de silice et des Foraminifères.

Au voisinage, des grès et des conglomérats reposent directement sur le socle. On peut les observer sur 100 m ; ils sont épais de 1,50 m et renferment de gros siliceux noirs (turonien?) qui atteignent jusqu'à 20 cm de longueur. Les grains de quartz de la matrice sableuse sont subarrondis et le ciment est fait d'opale, de calcédoine et d'un peu d'oxyde de fer.

Le long de la côte des Moutiers, J. Mounès a repéré de nombreux gisements de grès siliceux, reposant sur les porphyroïdes, entre - 3 et 0 NGF. Ils sont un peu feldspathiques et finement lités et renferment de rares débris coquilliers (*Pecten*, *Ostrea*) et des restes de Coralliaires, restés calcaires. L'âge de ces grès reste indéterminé ; les principaux gisements sont :

- le Caillou (4 km au Sud de Pornic) ; le gisement a 40 m de longueur ; le sommet des grès est à - 2 NGF ;
- les Pierres Folles (250 m au Sud-Ouest du débouché de la route de la Boutinardière) ;
- Champezière et Champezeau, 2,5 km au Sud-Ouest de la Bernerie (entre - 1,5 et - 3) ;
- les Piéours (250 m au Sud-Ouest de la pointe de la Patorie).

e6-7. **Bartonien. Calcaires lacustres.** A 3 km à l'E.S.E de Pornic, à la Bossazerie, à la Benêterie et à la Vrillerie, existent des dépôts de calcaire lacustre argileux à *Limnea*

*acuminata* et *Planorbis lens*, avec tiges et oogones de *Chara*. S. Durand y a trouvé de petits Foraminifères bartoniens, indiquant la proximité de la mer.

p. **Pliocène marin.**

PR. **Faciès marneux (Redonien).** Un seul gisement fossilifère est connu. Découvert par J. Mounès, il est situé au pied du talus méridional, à la base des sables rouges à glauconie, entre + 4 et + 6 NGF (le Gât au Chat). Il repose sur du calcaire lutétien, à la limite nord du bassin de Machecoul. La marne redonienne, de couleur crème, renferme de nombreux débris coquilliers fragmentés : *Ostrea edulis*, des Balanes et des Foraminifères : *Ammonia beccarii* (Linné), *Cibicides advenus* (d'Orb.), *Rotalia* cf. *serrata* Tendam et Reinhold, *Bolivina spathula* (Williamson). On y trouve quelques Ostracodes, lisses et ornés, dont *Cytheridea* gr. *pannonica* (Mehes) du Pliocène méditerranéen (déterminations P. Andreieff).

p2. **Faciès sableux et graveleux.**

• **Sur le plateau de 30-40 m**, entre la Vesquerie et le Pré-Berthelot, à l'Est de Chauvé, subsistent des placages de sables et de cailloutis reposant sur les micaschistes altérés. Le dépôt commence par un sable très micacé, remaniant le socle et épais de 1 m, surmonté de cailloutis sableux, à lentilles d'argile gris clair ou jaune ; les galets sont très émoussés ou roulés, et accompagnés de gravillon de quartz d'origine granitique. Ce niveau est recouvert par plusieurs mètres de sable fin rouge, à glauconie (plus de 3 m au moulin de Haute-Perche), lui-même surmonté de quelques colluvions et de limon éolien. A la Vesquerie, l'épaisseur du Pliocène dépasse 8 m (renseignement de M. Gautier). Au Sud-Ouest de Chauvé, le remblaiement pliocène est de plus en plus mince, vers les abords de la Haute-Perche.

• L'interfluve situé au Sud du Pré-Berthelot est tapissé par un sable bouillant, épais de plus de 2 m, renfermant de gros galets de quartz bien roulés (atteignant 10 cm de longueur). A l'Holocène, il y a eu mélange avec des sables éolisés et du limon quaternaires, d'où le faciès meuble du sable. En profondeur, des plaques de grès ferrugineux sont intercalées dans la masse.

• **Le bassin de Saint-Hilaire-de-Chaléons**, qui occupe une vingtaine de kilomètres carrés, a été en partie évidé par l'érosion remontante de la Blanche et de ses affluents. Il est installé sur une zone de faiblesse, à la limite du granite feuilleté de Princé et des micaschistes  $\xi_a^2$ . L'épaisseur du sable, parfois très fin, atteint 6 m (à 200 m à l'Ouest du bourg) ; au-dessus, s'étend une nappe de cailloutis de quartz, mêlé à de rares Spongiaires remaniés du Crétacé. Sur les bordures du bassin, de grandes étendues sont couvertes de sables à petites dragées de quartz, ce qui suggère l'existence temporaire de très vastes estrans.

• **Aux environs de Sainte-Pazanne**, subsistent de nombreux dépôts pliocènes couvrant des buttes interfluves, entre des vallées peu profondes. A 1 km au S.SW de cette localité, une carrière permettait, en 1961, d'observer une accumulation de plus de 3 m de sable rouge, surmontée d'une nappe de galets roulés (sommets à 15 m). A 4 km au Sud-Ouest, les deux versants du ruisseau de l'Isornière sont tapissés par plus de 4 m de sable fin rouge, surmontés d'une couche de galets. Ce gisement présente un intérêt particulier : à l'aval comme à l'amont, les alluvions récentes reposent directement sur le socle ; par contre, entre l'Isornière et le moulin Henriet, tout le fond de vallée est encore encombré par le Pliocène. A la Bertaudrie, les sables qui fossilisent le versant ouest de la vallée sont de plus en plus épais vers le thalweg, et inclinés vers celui-ci (à l'Est). Dans cette dépression, la sédimentation marine a été saccadée, avec des faciès variés. Le cailloutis du sommet renferme des galets de quartz de toutes tailles (jusqu'à 20 cm de long) et des lentilles de sable très fin ou moyen ou de gravillon à stratification oblique. Le sable est très luisant ; cet ensemble de faits montre qu'à un certain moment du remplissage, les courants durent être violents dans cette gouttière de la zone pré-littorale.

• *La vallée de la Haute-Perche*, d'origine fort ancienne, a été entièrement comblée par les dépôts du Pliocène, mais ceux-ci ne subsistent plus que sur quelques buttes interfluviales. Sur la rive nord, à 200 m au Nord-Est de la Brahinière, on a exploité des sables fins ocre, recouverts par des sables grossiers à lits de cailloutis et à minces lentilles d'argile grise. L'intérêt de ce gisement réside dans l'abondance des débris crétacés, repris dans la sédimentation pliocène : Spongiaires sénoniens (*Jerea arborescens* Mich.), coquilles de Lamellibranches silicifiées, orbicules, *Rhynchonella* cf. *difformis* d'Orb., etc. Il en est de même au Boismain, à la Chalopinière et à la Ficaudière, ce qui a fait attribuer ces gisements au Sénonien, sur la 1<sup>ère</sup> édition de la feuille Nantes à 1/80 000 (1926). A la Ficaudière, S. Durand signale la présence de fragments de calcaire fossilifère. Sur la rive sud, à la Rivaudière (1 km au Sud du Clion), on a exploité un cailloutis de quartz peu usé, épais de 1 m, reposant sur des sables fins épais de plus de 6 m ; le sommet de la formation est à 15 m.

• *La vallée de la Blanche* a dû être totalement remblayée, mais le sable n'est encore épais qu'à l'amont (plus de 4 m au Quarteron, dans le fond de la vallée et plus de 6 m au forage effectué à 500 m au Nord-Est de la Boule).

• *La vallée du Falleron*, évidée de son remblaiement éocène dès avant la transgression pliocène, est comblée, au Sud de Machecoul, par les sables et les cailloutis de cet étage ; au pont sur la D 95, ce remblaiement est épais de plus de 10 m (sondage 507-8-27).

• *L'important relief de faille qui va de la pointe Saint-Gildas à la Marne* est tapissé par des formations sableuses et graveleuses pliocènes, sur une distance de plus de 15 km. Elles ont été étudiées, dans leur ensemble, par J. Mounès (1970 et 1974). Au pied du talus, ils s'élèvent jusqu'à 15 m et se prolongent localement sous le marais (au Sud de Saint-Cyr). La série complète du Pliocène peut être reconstituée au Nord de Machecoul, où l'on observe l'étagement des trois faciès principaux. On a, de haut en bas :

- une nappe de galets roulés, vestige d'une ancienne plage, sur une plate-forme entre + 24 et + 26 NGF (à 300 m à l'Ouest du château du Treuil),
- des sables rouges, tapissant le talus (sommet vers 15 m),
- des marnes à fossiles redoniens, reposant sur le Lutétien, entre 4 et 6 m (le Gât au Chat).

La coupe la plus détaillée des sables du talus est donnée par J. Mounès, grâce à un sondage dans la sablière de la Touche, entre + 10 et + 2,5 NGF :

- + 10 NGF
  - Colluvions sableuses quaternaires, à sable en partie éolisé
  - Argile sableuse ocre, riche en illite
  - Sable rouge sang
  - Cailloutis désordonnés
- + 8
  - Sable rouge sang
- + 7,5
  - Sable argileux brun, à passées rubéfiées
  - Argile sableuse rouge
- + 6,5
  - Sable argileux brun, avec concentrations durcies d'hydroxydes de fer et de manganèse
  - Sable clair
- + 5
  - Sable noir (avec Fe, Mn)
  - Sable clair
  - Sable jaune aquifère, avec rares galets roulés
- + 2,5
  - Niveau induré, ou socle ?



Les sables sont riches en glauconie et renferment de nombreux débris silicifiés remaniés (orbicules). Dans l'ensemble, l'usure des sables augmente *de bas en haut*, où les EL(\*) sont beaucoup plus nombreux ; les feldspaths sont moins abondants vers le sommet.

• *Aux Moutiers*, les sables et les cailloutis ont été étudiés par Wan Nai Liang (1951), S. Durand (1957), M. Gautier (1969) et par J. Mounès. Immédiatement au Sud-Est de l'Avenue de la Sennetière, ils pouvaient être observés sur 5 m de hauteur, en 1963 (la base en est maintenant masquée par un mur). La pente des cailloutis était vers l'W.NW. Sous 0,5 m de dépôts périglaciaires, la coupe était la suivante :

*Épaisseurs en m*

0,8 à 1,20 : sable rouge

0,0 à 0,30 : lentille de galets de quartz, dans une matrice sableuse

0,30 : sable rouge feldspathique, graveleux, à stratification entrecroisée, à débris de fossiles crétacés et orbicules

0,0 à 0,20 : lentille de sable avec galets de quartz

0,20 à 0,50 : sable rouge

0,20 à 1 : lit de sable et de galets de quartz

0,20 à 0,50 : sable rouge

0,0 à 0,50 : lentille de galets

0,02 : sable cimenté d'oxyde de fer

plus de 2 m : sable rouge, à stratification oblique, à orbicules, *Ostrea* silicifiée et Spongiaires (Crétacé remanié).

D'après S. Durand, les minéraux de métamorphisme (andalousite, staurotide, disthène) dominent dans ces sables.

Un peu plus au Sud, on observe une silicification locale en plaquettes, dans la masse des sables, vers 1 à 2 m de la surface.

*Remarques sur la transgression pliocène en Basse-Loire.* Pour J. Mounès, « les sables pliocènes ont dû recouvrir la quasi-totalité de la région ». Cet auteur souligne les caractères du Pliocène sableux : absence de tout fossile propre, présence de fossiles silicifiés et cassés du Crétacé supérieur, mélange de grains NU(\*\*) et de grains EL, abondance des grains de feldspath anguleux. On constate partout la superposition de deux ensembles : à la base, une accumulation importante de sables fins à glauconie, grains de quartz NU et EL, qui peut atteindre 8 m d'épaisseur. Au-dessus, les sables sont plus grossiers et associés à des cailloutis, épais de 1 à 2 m, en lits et en lentilles à stratification parfois entrecroisée.

Ces faciès, essentiellement détritiques, proviennent des apports fournis par le balayage du socle cristallin altéré, qui contenait en abondance la matière des galets, des grains de quartz et de feldspath.

Les stratifications entrecroisées sont dues aux forts courants de marée, dans les zones sublittorales d'épandage, ou dans les anciennes gouttières fluviales. Les lentilles d'argile grise, parfois intercalées dans les sables, sont essentiellement kaoliniques, avec gypse et phillipsite (les roches du substratum sont localement kaolinisées, en particulier sous l'Éocène).

On a montré que, dans la région de Palluau, *la transgression redonnienne avait été très rapide*, car le relief antérieur a été respecté (M. Ters et al., 1970). *C'est au début du Pliocène que le niveau de la mer a été le plus élevé* (65 m environ), durant la phase de sédimentation carbonatée ayant permis la conservation des fossiles redoniens. La région de Machecoul fut largement submergée. *Au cours de la régression*, les plateaux se trouvèrent dans les limites successives de la zone des marées et furent vigoureusement rabotés, ce qui explique l'abondance des sables à glauconie et surtout des

(\*) EL : émoussé-luisant.

(\*\*) NU : non usé.

cailloutis ; à la partie supérieure du Pliocène, on observe de vastes placages de galets roulés, vestiges d'anciennes plages. Des restes de dépôts sénoniens subsistaient dans la région, en particulier dans la dépression de la Haute-Perche. Ils furent complètement démantelés et incorporés aux sables et aux galets siliceux du Pliocène.

Cp2. *Pliocène colluvionné*. Tout le long du talus, la partie supérieure des sables pliocènes a été remaniée, au cours de nombreux épisodes de solifluxion et de ruissellement et par des colluvions. On observe une contamination du matériel local par des sables très éolisés quaternaires (émoussés et ronds-mats), sur 1 m d'épaisseur environ.

#### TERRAINS QUATERNAIRE RÉCENT ET ACTUELS

Mx. **Sables marins littoraux, éolisés et remaniés, compris entre 0 et 15 m NGF (interglaciaire Riss-Würm ?)**. Quelques dépôts marins ont été repérés en falaise, entre les Moutiers et Pornic. A 150 m à l'Ouest du Pré-Vincent, on pouvait observer, en 1957, au-dessus du sable rouge pliocène, une formation complexe. Ravinée par les coulées de solifluxion sus-jacentes, elle comprenait, au sommet, des lits de galets de quartz, de silix et de porphyroïde, séparés par des intercalations sableuses de quelques centimètres d'épaisseur. Au-dessous, reposait une argile gris-vert compacte, riche en grains éolisés de quartz et de feldspath et épaisse de 0,50 mètre. La couche de base était constituée par un cailloutis à matrice d'argile grise et à galets de quartz éolisés. Cet ensemble diffère des sables rouges pliocènes sous-jacents par un matériel beaucoup plus grossier, par le façonnement du sable (totalement éolisé) et par le cortège des minéraux lourds qu'il renferme : dans le dépôt quaternaire, le cortège de Groix est présent (glaucophane, chloritoïde, épidote, hornblende), tandis que les minéraux lourds du Pliocène appartiennent exclusivement au cortège acide (staurotide, andalousite, disthène, etc.).

L'ensemble du dépôt quaternaire, dont les minéraux lourds ont été apportés par la mer, était compris entre + 3 et + 5 NGF.

La plage ancienne de Fontaine-Breton a été étudiée par J. Mounès ; elle est située entre 10 et 12,7 m, la base se trouvant à 6,5 m au-dessus de la plage actuelle ; elle comprend deux lambeaux, distants de 200 mètres. La formation comprend à la base :

- une coulée de solifluxion, ayant fait glisser une partie des dépôts,
- du sable grossier, à stratification horizontale, à lits cimentés par  $Fe_2O_3$ ,
- du sable grossier à galets de micaschiste posés à plat et blocs de 20 à 70 cm de long (tombés de la falaise ?),
- du sable à galets de quartz très arrondis, de toutes tailles (jusqu'à 20 cm de long), mêlés à des galets de micaschiste. Le sable matriciel est bien classé, rond-mat à presque 50 %, associé à des grains émoussés-luisants et à des grains non-usés : des sables d'origines différentes se trouvent donc ici remaniés. La présence de galets de micaschistes peu altérés et le fort pourcentage de grains éolisés prouvent l'âge quaternaire du dépôt.

D'autres lambeaux de plages peuvent être observés, vers la même altitude, à la Boutinardièrre et à la Birochèrre ; il ne faut pas les confondre avec les nombreux petits restes de sables pliocènes (non éolisés, sauf en surface). Du point de vue morphologique, on peut constater l'existence d'une plate-forme d'érosion post-pliocène, bien visible dans le paysage, entre la Bernerie et Fresnay. Elle est entaillée dans les sables rouges pliocènes et son sommet est situé à + 15 NGF, tout le long du talus de micaschistes. J. Mounès l'attribue à un aplanissement marin, peut-être pendant le dernier Interglaciaire.

LP. **Limons éoliens (Würm)**. Largement répandus sur le territoire de la feuille Machecoul, et masquant le socle rocheux, des limons fins recouvrent la surface des plateaux et des interfluves, où ils ont 0,20 à 1 m d'épaisseur. Sur les versants, ils ont été décapés et remaniés dans les coulées de solifluxion wurmiennes et dans les collu-

vions holocènes ; ils constituent une partie importante du colmatage flandrien de fond de vallée, vers le sommet.

Beiges en surface, jaunes en profondeur, les sols podzoliques formés dans ces limons comportent localement un horizon lessivé blanc, constitué par une très fine poudre de quartz, peu fertile et de pH acide (5 à 6). Dans l'horizon B, enrichi en argile et de couleur jaune, l'illite domine, accompagnée d'un peu de kaolinite. La fraction sableuse est très éolisée (80 % de grains mats, à la taille de 100 à 200 microns) ; au voisinage des bassins pliocènes ou éocènes, les limons s'enrichissent en grains luisants. Outre ces derniers, les grains proviennent du soufflage des poussières arrachées au socle cristallin altéré et de sables éolisés anciens remaniés, formés au début du Quaternaire, en milieu périglaciaire aride. On y trouve le cortège des minéraux lourds des sables pliocènes (staurotide, andalousite, disthène, etc.) mêlé à celui des sables étendus sur le plateau continental, exondé en période de bas niveau marin. Les sables de Loire, qui y étaient parvenus, ont fourni, en particulier, de l'augite en abondance.

Ces limons reposent sur des nappes de solifluxion ou sur un mince cailloutis de désagrégation du socle. Ils se sont déposés pendant une phase sèche et froide du Pléni-glaciaire wurmien ; les vents dominants soufflaient alors de l'Ouest ou du Nord-Ouest, comme actuellement.

Sur le massif granitique de Princé, les limons éoliens atteignent 1 m d'épaisseur (la Beusse, le Champblanc, Jarri-Rousse).

Sur le vaste plateau situé au Nord de Fresnay et de Bourgneuf, la partie en amont des petites vallées disparaît sous la couverture de limons et celle des coulées de solifluxion sous-jacentes.

**C. Terrains soliflués et colluvions (Würm à Actuel)** (cf. J. Mounès, 1974). Sur la presque totalité du relief, la roche en place est masquée par des dépôts de pente : coulées de solifluxion formées en milieu périglaciaire humide, ou colluvions d'âge holocène, conséquences des déforestations. La superposition de ces deux types de dépôts est parfois visible mais, là où la pente était un peu forte, ils se sont mélangés ; ils peuvent avoir été remaniés à maintes reprises, par défaut de couverture végétale. Leur épaisseur courante est de 0,50 à 1 m, mais elle peut atteindre 2 à 3 mètres. Leurs matériaux sont toujours d'origine très locale : esquilles de granite écrasé, fragments de quartz filonien ou de pegmatite des porphyroïdes, sables et galets pliocènes, sables et galets éolisés au Quaternaire, le tout emballé dans les argiles d'altération du socle.

- *Sur les plateaux en pente faible*, ces dépôts sont partout présents sous la couverture de limons éoliens wurmiens, ou remaniés avec eux et transportés à quelque distance.

A la surface du massif de granite gneissique de Princé, on observe des arènes à fragments de quartz filonien ; concentrées dans les vallons, elles donnent à la partie en amont de ceux-ci une forme en berceau (moulin des Landes, 3 km à l'Est de la forêt de Princé). Elles sont d'autant plus épaisses que la roche est plus broyée et émiettée : à Branche-Courbe, à Belle-Vue, ainsi qu'au Sud de Sainte-Pazanne, elles sont constituées d'esquilles centimétriques emballées dans une matrice argileuse peu importante et peuvent atteindre 3 m d'épaisseur (le bois aux Loups), ainsi qu'à 300 m au Nord de l'Ennerie.

Sur les micaschistes, la matrice argileuse des coulées de solifluxion est plus abondante. A 1,5 km au Nord-Ouest de Pornic, les micaschistes à deux micas, très altérés, sont recouverts par des *nappes de solifluxion en gouttières*, ravinant le socle, larges de 1 à 6 m et hautes de 1 mètre. Leur espacement est de quelques mètres. Elles sont remplies par un cailloutis de débris de quartz anguleux (provenant des amygdales siliceuses des micaschistes), à matrice argileuse.

Sur les plateaux situés au Nord de Bourgneuf et de Saint-Cyr, les porphyroïdes sont recouvertes par une argile graveleuse à fragments de pegmatite, mêlée de limon éolien.

Dans les carrières du Poirier (5 km au Nord d'Arthon), on pouvait observer, en 1950, des coulées de solifluxion en gouttières subparallèles, disposées selon la pente, remplies d'argile jaune, de galets de quartz anguleux et de quelques silex remaniés du Pliocène. Ces coulées ravinaient le terrain sous-jacent (micaschistes altérés en une argile blanche, alors exploitée pour les tuileries). Vues en coupe, les gouttières formaient des poches de 0,50 à 1,50 m de profondeur et 2 à 4 m de largeur.

• *Sur les versants des larges vallées de la Haute-Perche et de la Blanche*, les dépôts de pente colmatent la presque totalité du relief. Au Châtellier, au Marais-Maingüy, à la Basse-Chanterie, la couverture graveleuse est épaisse de 0,50 à 2 m et reflète la nature du socle : on observe soit des débris de micaschistes, soit des esquilles de granite écrasé, soit des sables, des galets et des graviers pliocènes, emballés dans du limon éolien remanié. Sur les versants de la butte du Pré-Berthelot, les cailloutis sableux remaniant le Pliocène sont particulièrement répandus.

• *A la périphérie des bassins tertiaires*, les colluvions atteignent 1 à 2 m d'épaisseur, par exemple en contrebas du gisement de l'Isornière (4 km au Sud-Ouest de Sainte-Pazanne), à la Croix Besseau, au Nord et au Sud du bassin de Saint-Hilaire-de-Chaléons. Les glacis en pente faible qui encadrent le bassin lutétien d'Arthon sont tapissés, sur 0,50 à 1 m d'épaisseur, par du limon remanié, beige ou gris, enrobant des lits de galets roulés, remaniés du Pliocène.

• *Le long du glacis et du talus méridional*, la pente a favorisé le développement de coulées de solifluxion généralisées. Vers le haut du talus, les micaschistes sont recouverts par une couche de débris dont l'épaisseur croît vers le bas et peut atteindre 2 m : sable, gravillon et galets de quartz émoussés, venant du Pliocène, mêlés à des fragments issus du socle (moulin de Grande-Touche).

Vers le bas, les colluvions sont plus épaisses. Entre les Moutiers et la Bernerie, des nappes d'argile jaune sableuse, renfermant de nombreux galets de quartz (anguleux ou éolisés), tapissent le glacis qui descend du Nord vers la mer. Ces coulées sont tranchées par la falaise : à la base, elles forment des poches ou des gouttières ravinant le Pliocène, en forme d'étroits vallons profonds de 0,50 à 1 m ; la surface des coulées est subhorizontale.

A 200 m au Nord-Ouest de la plage du Pré-Vincent, on observait la coupe suivante (avant la construction des digues) :

- 0,5 m : sable dunaire,
- 0,20 m : sable argileux,
- 0,5 à 1 m : cailloutis sableux, à galets de quartz éolisés (de 1 à 8 cm de longueur), gravillon et argile. L'hydromorphie y a développé des concrétions et des plaquettes ferrugineuses. Cette formation *ravine* le sable argileux sous-jacent,
- 0,50 m : sable argileux gris-jaune très éolisé, cailloutis à gangue argileuse orangée, galets de quartz (anguleux et roulés) et silex noirs. Ce dépôt *ravine* l'argile gris-vert sous-jacente.
- 1 m : argile gris-vert et sable rond-mat (Mx).

**Datation des coulées de solifluxion.** Elles sont antérieures au dépôt du limon éolien, qui les recouvre en maints endroits. Aux Moutiers, M. Gruet a trouvé un silex à façonement aurignacien dans le deuxième niveau (0,20 m) de la coupe précédente et du Moustérien dans le troisième niveau (0,5 à 1 m). Certaines des colluvions sont très tardives ; dans la ria de Prigny, elles sont postérieures à la fin du remblaiement flandrien et remontent probablement au Moyen-Age. Actuellement, les arrachements sont fréquents, lorsque la couverture végétale est insuffisante.

**Autres phénomènes périglaciaires** (par A. Cailleux). « Aux Moutiers, entre l'Ermitage et la Sennetière, le sable graveleux pliocène brun-rouge est entaillé, à intervalles de 2 à 10 m, par des *fentes en coin* subverticales, hautes de 1 à 1,60 m, larges de 5 à 40 cm. Leur remplissage actuel varie suivant les cas :

1°) Le plus souvent, le cailloutis de solifluxion qui forme une nappe au sommet de la falaise est descendu dans la fente et l'a remplie.

2°) A la pointe du Bien, en 1959, on pouvait observer une fente haute de 1,60 m, large de 5 cm au sommet, remplie par du sable rond-mat (éolien), le tout fossilisé en-dessus par la nappe de solifluxion.

3°) A 800 m au Sud-Est de la Sennetière, le remplissage de la fente est mixte : dans le bas, du sable éolisé à 100 %, au-dessus, les cailloux et galets de la nappe de solifluxion sus-jacente. Toutes ces fentes témoignent de l'existence d'un sol gelé permanent (pergélisol) lors d'une phase froide du Quaternaire. Leur formation s'observe actuellement en Sibérie, Alaska et Antarctique. Le sol gelé, dur comme du béton, soumis aux froids hivernaux de  $-30^{\circ}$  à  $-40^{\circ}$ , se contracte, d'où apparition de fentes. S'il n'y a pas de couverture neigeuse (climat ou hiver très sec), le sable chassé par le vent remplit la fente (cas 2 ci-dessus). S'il y a de la neige (climat ou site plus humide), le printemps venu elle fond, et l'eau de fonte descend dans la fente et regèle au contact de la paroi, restée au-dessous de  $0^{\circ}\text{C}$ . On a alors un remplissage de glace. D'année en année, ces phénomènes se répètent, et le remplissage de sable ou de glace s'élargit. Quand se termine la période froide, la glace fond et les cailloux ou la terre du dessus la comblent (cas 1° ci-dessus). Enfin, en un même endroit, les deux processus peuvent se succéder (cas 3°). Ces fentes sont souvent appelées *fentes de gel*, bien que leur cause première soit la contraction par le *froid*. Celles de Moutiers sont de loin les plus belles de tout le littoral occidental du continent européen ».

Au Pré-Vincent, A. Cailleux a observé un sol polygonal fossile, momentanément dégagé des sables qui le recouvrent. Les galets forment des cloisons, isolant de petites dépressions garnies de sable argileux.

Des injections périglaciaires ont été observées aux Moutiers, à la base de la falaise, où les porphyroïdes argilisées sont injectées dans les sables pliocènes sus-jacents.

A la Patorie, en falaise, les ampélites sont injectées d'au moins deux mètres dans les micaschistes feuilletés sus-jacents.

**T. Tourbe** (d'après J. Mounès). Aux Moutiers, au bas de la plage du Pré-Vincent, affleure épisodiquement une formation tourbeuse, épaisse de 0,20 à 0,40 m ; elle contient des branches brisées et des souches (surtout de Chêne) ; parmi les pollens domine le Chêne, suivi du Pin, de l'Aulne, du Bouleau, du Hêtre, de l'Orme et du Tilleul. Les pollens d'herbacées (dont les céréales) sont nombreux (anal. S. Durand).

La cote du sommet de cette tourbe (à + 0,80 NGF) est voisine de celle du niveau tourbeux du menhir de Pierre-Folle (à + 0,95), daté de  $2520 \pm 110$  ans B.P.

Cette tourbe repose sur du bri bleu-noir, gras et compact, à traces de racines, épais de 0,50 à 0,70 m ; H. Alimen, A. Cailleux et J. Mounès y ont trouvé un os de petit Bovidé, des os de Carnivores et des fragments de poterie noire.

A l'angle sud-est de la plage du Pré-Vincent, affleure un banc de sable tourbeux à débris de bois, racines et coquilles de Mollusques d'eau douce (Limnées). D'après les archives concernant le tracé de la côte à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, ces tourbes ont été protégées de l'érosion par un revêtement de plusieurs mètres de sable dunaire, avant le recul important qui marque le 20<sup>ème</sup> siècle.

On peut encore signaler quelques lentilles tourbeuses intercalées dans le bri, entre + 0,50 et + 0,60 NGF, à l'Ouest de Machecoul. Lors de leur formation, le niveau moyen de la mer avoisinait  $-2,50$  NGF environ.

**D. Sables dunaires récents et actuels.** Un étroit cordon dunaire ferme le Marais breton à l'Ouest, depuis les Moutiers jusqu'au Collet. Haut de 4 m au maximum, il est constitué de sables blancs, fins, semblables à ceux que l'on observe sur l'estran, au pied de la falaise de sables pliocènes, entre les Moutiers et la Sennetière. Il s'est formé à la suite du recul très important de la côte depuis le début du siècle (au moins 200 m aux Moutiers, d'après A. Cailleux). On y trouve les minéraux lourds des sables pliocènes et éocènes affleurant au voisinage (staurotide, andalousite, disthène, etc.). Une autre partie provient des sables de Loire, déversés sur le plateau continental pendant le Würm et refoulés

vers les côtes lors de la transgression flandrienne (minéraux caractéristiques : olivine, augite, hypersthène, fibrolite).

*Le sable des plages actuelles* renferme des minéraux apportés par la Loire, en particulier de l'augite (9 % à Préfailles, 33 % à la Bernerie, 10 % au Collet).

Au Nord-Ouest de Bourgneuf, J. Mounès signale, au hameau de la Rochelle, un cordon sableux long de 200 m environ et large d'une cinquantaine, parallèle au pied du Coteau des Colins, à 60 m en avant de ce dernier et à 1 800 m de la côte actuelle. Reposant sur du bri, cette accumulation est comprise entre + 1,75 et + 3,50 NGF. C'est un sable fin, sans gravier, doré et qui renferme, à mi-épaisseur, des fragments de terre cuite grossière. Deux monnaies de bronze ont été trouvées près de la surface de cette dune morte : l'une du règne de Louis XIII, l'autre du règne d'Hadrien (117-138).

**X. Accumulation coquillière anthropique.** A l'entrée de la ria de Bourgneuf, à la Taillée, sont connus des amas de coquilles d'Huîtres (*Ostrea edulis*) associées à d'autres Lamellibranches. Ils reposent sur du bri flandrien. D'après leur aspect et leur disposition, ils rappellent les buttes de coquilles d'Huîtres de Saint-Michel-en-l'Herm, datées du Haut-Moyen-Age. Un dépôt associé à une industrie mésolithique est daté de 7450 B.P. à la pointe Saint-Gildas (M. Tessier).

**Mz. Alluvions marines. Vases (bri).** (§ rédigé d'après les travaux de J. Mounès, 1974). La partie nord du Marais breton, à l'Ouest de Machecoul, est occupée par le *bri* ou terre de marais, composé de deux formations : une couche superficielle de vase gris-noir, riche en matière organique, est superposée à une vase verdâtre, grasse au toucher, reposant sur le socle cristallin ou sur le calcaire lutétien par l'intermédiaire d'une mince couche sableuse (sauf dans les anciens chenaux, où elle est plus épaisse). Les vases comprennent des intercalations centimétriques d'argile ou des lits sableux : ces litages alternés témoignent d'une sédimentation irrégulière et saccadée, formée sur des sliks et des schorres successifs, peu avant la fin de la remontée flandrienne. La fraction sableuse du bri bleu-vert est peu importante (de 0,3 à 5 %, dans la fraction supérieure à 40 microns) ; l'étude des minéraux lourds montre l'importance des apports de Loire dans cette fraction. A la Bernerie, on trouve dans le cortège jusqu'à 55 % d'augite ; la fraction argileuse comprend, par ordre d'importance décroissante, illite, kaolinite, montmorillonite et chlorite, tous minéraux détritiques présents dans les micaschistes de la région côtière ; le pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  est variable et compris entre 0,1 et 8 % ; le dégagement d' $\text{H}_2\text{S}$  est fréquent.

Les fossiles sont rares et concentrés dans des bancs, vers les cotes : - 1,50, - 2,75 et - 4 NGF : *Cardium edule* Linné, *Scrobicularia plana*, da Costa, et rares *Nassa*.

Dans le marais de Machecoul, la surface du bri se trouve entre + 1,50 et + 1,90 NGF, avec des points bas à + 0,20 et + 0,50 ; dans le marais de Fresnay, elle se trouve entre 1 et 2 m ; dans les marais de Saint-Cyr et de Bourgneuf, entre 0,50 et 1,50 mètre. Sans les digues et les écluses, le marais serait submergé d'au moins 1 m par la mer, en vives-eaux, jusqu'au pied de l'ancienne rive (à + 3 NGF).

L'épaisseur moyenne du bri est de 5 à 7 m ; dans les vallées submergées les plus importantes, elle atteint une vingtaine de mètres, comme à Pornic ; au pont sur le Falleron (pont du Fresne), à 1 km au Sud de Bourgneuf, des sondages ont traversé des vases (de 0 à - 11 NGF) et des sables vaseux (de - 11 à - 17).

Le dépôt de la partie supérieure du bri peut être localement daté : à 1 100 mètres au Sud-Est de Saint-Cyr, le menhir de Pierre Folle est implanté sur une couche de sable calcaire ; édifié pendant le Néolithique, il implique un niveau marin inférieur de 3 m au moins au niveau actuel. Plus tard, durant la deuxième moitié du Subboréal et le Subatlantique, le colmatage flandrien submergea la partie inférieure du menhir, sous 1,80 m de bri, jusqu'à l'altitude de 2,50 m NGF. Des os (de Bœuf et de Porcin) ont été trouvés par J. Mounès vers la base du menhir, à + 0,95 NGF ; l'un d'eux est daté de

2 520 ± 110 ans B.P.(\*) [C'est à une altitude voisine (0,80 m) que furent trouvés dans le bri, sur l'estran des Moutiers, des os de Bovidés et de Carnivores (H. Alimen et A. Cailleux, 1957)].

Le long de la côte, la transgression flandrienne a envahi les basses vallées, transformées en rias (rias de Prigny, de Pornic, marais intérieur de Haute-Perche).

• *Dans la ria de Prigny*, des sondages de J. Mounès ont révélé l'extension et la nature du remblaiement flandrien. Celui-ci remonte à 1500 m à l'intérieur des terres ; large de 200 m au niveau de la voie ferrée, il est restreint à 20 m sous le rocher de Prigny, mais il s'évase à 200 m, un peu plus à l'amont, vers la Fradouillère. A l'entrée, la ria est remblayée par 9 à 10 m de bri reposant, vers — 11 NGF, sur une mince couche de sable.

Dans le profil transversal, on observe, du sommet à la base :

— des colluvions de versant, argilo-sableuses, de couleur beige, probablement médiévales ;

— des argiles grises micacées et sableuses, remblayant un chenal axial, encaissé dans le bri ;

— des vases compactes, bleu-noir ;

— de l'argile bleuâtre molle, à lits de débris végétaux ou de vase tourbeuse, situés entre 0,50 et 1,70 m ;

— des sables argileux, gris ou jaunâtres, reposant sur le socle.

• *Dans la ria de Pornic*, le dépôt superficiel est une vase noire, plus épaisse au Nord (2 m) ; le reste du comblement est une argile grise, coquillière et sableuse ; des tourbes y sont intercalées. Le remplissage atteint 19 m d'épaisseur (fig. 3).

• *Le long de la côte*, entre les Moutiers et la Fontaine-Breton, les vastes estrans découverts à marée basse sont localement vaseux, avec des bancs de sable parsemés de galets anguleux.

*Action de l'Homme dans le colmatage du Marais.* Actuellement, le marais comporte :

— une zone externe de polders,

— une zone médiane de marais-salants abandonnés,

— une zone interne de prés bas, à formes géométriques, due aux assèchements médiévaux.

« Aux environs de l'an 1 000, le colmatage de l'ancien golfe, sur l'emplacement du Marais breton, était déjà marqué par de vastes schorres, établis sur une épaisseur de vase de 5 m en moyenne. Du 11<sup>ème</sup> au 14<sup>ème</sup> siècle, furent construites les premières digues ou chaussées, et les terres situées en arrière furent drainées. La zone des salines fut aménagée du 12<sup>ème</sup> au 14<sup>ème</sup> siècle. Les dessèchements se firent à partir du début du 18<sup>ème</sup> siècle » (J. Mounès, 1974).

En bordure du marais, les schorres actuels sont peu étendus et sont situés au débouché des étiers du marais (le Collet). Ils sont recouverts par *Puccinellia maritima* et *Obione portulacoides* (F. Verger).

Les faciès des dépôts sous-marins ont été figurés par D. Gouleau(\*\*).

**Fz. Alluvions fluviales récentes. Limons remaniés masquant des sables et des graviers.** Dans cette région, basse et de peu de relief, toutes les vallées sont remblayées d'alluvions plus ou moins épaisses (1 à 5 m), et le lit rocheux n'est jamais visible. La surface du remblaiement correspond au lit majeur dont la largeur est démesurée par rapport à celle du lit mineur (1 à 2 m, pour un lit majeur de 100 à 200 m). A l'amont, le profil transversal est en berceau évasé tandis qu'à l'aval le fond est plat et faiblement

(\*) B.P. : *before present*, littéralement « avant le présent ».

(\*\*) Pour la description de ces dépôts, voir la thèse de D. Gouleau (1968) et la carte sédimentologique sous-marine à 1/100 000, feuille Saint-Nazaire.

incliné. Les dépôts accumulés sous la plaine alluviale comprennent deux séries :

- *A la base*, des graviers sableux, à lits de galets, sont d'anciens dépôts périglaciaires, ultérieurement lavés. Au cours de la glaciation wurmienne, pendant les périodes humides, des colluvions et des dépôts de solifluxion glissèrent tout le long des versants et se concentrèrent dans les fonds de vallées. La composition de ce remblaiement dépend de la nature des terrains environnants : dans les vallées qui sillonnent le massif de granite gneissique de Princé, on observe des dépôts d'arène, avec des fragments de quartz filoniens anguleux (vallées de la Blanche et du ruisseau de Champblanc).

Les micaschistes ont fourni surtout du sable et des fragments de quartz (les argiles ont été lavées) ; les porphyroïdes ont fourni du gravier et des galets anguleux de pegmatites d'exsudation (ruisseaux de Bourgneuf et de Prigny). Enfin, les vallées incisées dans les sables et les graviers pliocènes comportent un remblaiement directement issu de ceux-ci et parfois épais de 1 à 2 m (environs de Sainte-Pazanne, ruisseaux de la Sostière et de la Blanche). A tous ces dépôts, directement issus du substratum, s'ajoute une fraction sableuse, d'origine éolienne (sables ronds-mats, remaniés du Quaternaire ancien (cf. M. Ters, 1953).

- *Sur ces dépôts de base*, on observe un complexe de sédiments fins : argiles sableuses, puis limons éoliens wurmiens remaniés au Post-Glaciaire ; ils résultent d'écoulements réduits, en milieu tempéré. Au début de l'Holocène, les limons éoliens, d'abord déposés en milieu périglaciaire aride (probablement durant l'Aurignacien), formaient encore une chape continue sur le relief ; ils ont été érodés à la suite des déforestations néolithiques, et de celles de l'Age du fer (depuis 6 000 ans environ). L'érosion de ces limons des plateaux se poursuit activement aujourd'hui, par suite de la mise en culture presque totale des terres.

*Actuellement*, seuls les drains principaux sont pérennes ; à la fin de l'été, de nombreux segments sont dépourvus d'écoulement. Le lit mineur forme une étroite gouttière, incisée dans le lit majeur, profond de 0,5 à 2 m au maximum ; en période de crue, la plaine alluviale est noyée et les limons fins, transportés en suspension, se déposent : ils remanient surtout la partie fine des limons éoliens (5 à 100 microns environ). Dans le lit mineur, le transport de sable et de galets est peu fréquent.

*Les vallées fossiles*. Localement, le remblaiement récent, au lieu de reposer sur le socle, recouvre des formations tertiaires : sables éocènes, sables et graviers pliocènes : il en est ainsi dans les vallées fossiles de la Blanche et de la Haute-Perche.

## PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

### REMARQUES STRATIGRAPHIQUES ET STRUCTURALES

Parmi les roches du socle, certains faciès font partie de vastes ensembles, affleurant largement en dehors du domaine de la carte.

*Les porphyroïdes*. Le grand pli couché des Moutiers-en-Retz appartient à de grandes structures en S, figurant sur les feuilles Paimbœuf, Saint-Philbert-de-Grand-Lieu, Palluau, le Poiré-sur-Vie, Saint-Gilles-sur-Vie, etc. (cf. carte structurale). Ce faciès existe aussi à la pointe de Piriac et à Belle-Ile-en-Mer.

*Les micaschistes*  $\xi_m^2$  et  $\xi_b^2$ , dont le matériel est d'âge briovérien, font partie d'un complexe de méta-grauwackes albitiques, de faciès très caractéristiques, particulièrement bien représentés aux environs de Saint-Gilles-Croix-de-Vie, où le type a été pris. Sur le territoire de la feuille Machecoul, leur degré de métamorphisme est localement plus élevé qu'à Saint-Gilles : dans les micaschistes  $\xi_b^2$ , l'isograde de la biotite est atteint.



*Les micaschistes  $\xi^2$ , à albites porphyroblastiques*, liés aux prasinites et serpentinites de Sainte-Pazanne, se rattachent au complexe de Bois-de-Cené (feuille Challans) qui comporte des roches à glaucophane, comme le complexe homologue de l'île de Groix.

**Le métamorphisme** comporte des phases progrades, de type barrowien et une phase rétrograde :

— dans un premier temps, la série des porphyroïdes a acquis des faciès épizonaux à muscovite ; les micaschistes  $\xi_b^2$ ,  $\xi_{bm}^2$  et  $\xi^2$  ont atteint la mésozone (faciès à biotite) ;

— vers la fin de cette phase, se sont formés de très nombreux porphyroblastes de biotite et de grenats poecilites. Ce phénomène est identique à celui qui a été signalé dans l'anticlinorium des Sables-d'Olonne, à Sauveterre (*cf.* notice de la feuille Pallau à 1/80 000) ;

— une rétro-morphose presque généralisée atteint les faciès à biotite : ce minéral se chloritise, mais il subsiste de nombreux témoins de la biotite primaire, et les zircons radioactifs de celle-ci subsistent dans la chlorite. Dans certains niveaux massifs des amphibolites de Sainte-Pazanne, le faciès *schistes verts* actuel correspond aussi à une rétro-morphose du faciès *amphibolite* initial.

**Les phases de plissement.** On peut reconnaître dans ces micaschistes plusieurs phases de plissement, associées ou non au métamorphisme, qui sont particulièrement nettes entre Pornic et Sainte-Marie.

*Phase I* : foliation et schistosité de flux, de plan axial, avec exsudation de lentilles de quartz.

*Phase II* : foliation et plis isoclinaux, homoaxiaux de la phase I, plissant la foliation I et les exsudats de quartz. Les plis de phase II, formés initialement en direction E—W, ont été ultérieurement déviés, en direction sud-armoricaine, ou autre. Les plis sont très couchés, isoclinaux et déversés tantôt au Nord-Est, tantôt au Sud-Ouest, dans cette région charnière entre le domaine du flanc sud de l'anticlinal de Saint-Nazaire (où le pendage des couches est statistiquement au S.SW) et celui de l'anticlinorium des Sables-d'Olonne (où le pendage est statistiquement au N.NE) (*cf.* coupe).

On observe *une très forte linéation d'étirement*, parallèle à l'axe des plis, comme dans le Silurien de Brétignolles.

*Phase III* : plis en S, à charnières N—S.

*Phase IV* : plis en chevrons, centimétriques, avec forte schistosité de fracture et *strain-slips*.

*Phase V* : ondulations et plis ouverts, d'axe N 150° E.

Par le style des déformations et par leur succession, les phases I, II et III sont semblables à celles que nous avons reconnues dans le Paléozoïque de Vendée (*cf.* notice de la feuille Pallau-Ile d'Yeu, 1/80 000). Elles sont comprises entre le début du Dévonien et le Givétien ; nous leur avons donné le nom de *phases éo-dévoniennes*.

**Les mégastructures.** Le grand pli synclinal des Moutiers-en-Retz fait partie d'une série de vastes ondulations, à charnière N—S, depuis Saint-Michel-Chef-Chef, au Nord, jusqu'à Brétignolles, au Sud (*cf.* schéma structural).

**Le laminage hercynien.** Il est particulièrement intense au Nord-Est du territoire de la feuille, où il affecte le granite de Sainte-Pazanne et, au Nord-Est, les gneiss  $\xi^2$ , à albite porphyroblastique, en direction de Port-Saint-Père (feuille Saint-Philbert). L'écrasement des minéraux est inégal, mais le stade des ultramytonites est localement atteint. Ce laminage a affecté des roches déjà refroidies et les recrystallisations ultérieures sont peu importantes. Le feuilletage est très peu incliné dans l'ensemble et n'est subvertical que dans une apophyse située au Sud-Est, sur la feuille Saint-Philbert. Au Sud et à l'Est du massif, les micaschistes encaissants ont subi les mêmes phénomènes de laminage. Par leur style et leurs effets, ces phénomènes s'apparentent à ceux qui ont été observés dans la zone broyée sud-armoricaine, rapportés par J. Cogné à la phase asturienne.

### PALÉOTOPOGRAPHIE DE L'ÉOCÈNE

Elle a été étudiée en détail par J. Mounès.

L'ancienneté de la plate-forme littorale, entre Pornic et les Moutiers, est attestée par la présence çà et là de grès et de calcaires éocènes (Pierres Folles, les Piéours), « ce qui laisse entendre que cet arasement du bas estran actuel était déjà réalisé au début du Cénozoïque et, par extrapolation, il pourrait en avoir été de même pour le plancher du Marais breton ». Les gisements ilerdiens de la Sennetière et de Noirmoutier, correspondant à des marécages littoraux à mangrove, confirment cette hypothèse.

A l'intérieur des terres, on observe un réseau complexe, ramifié, de dépressions tectoniques et de vallées :

— la gouttière tectonique de la Haute-Perche fut très vraisemblablement occupée par le Sénonien marin, étant donné l'abondance des fossiles remaniés de cet étage, dans les dépôts pliocènes de ce secteur ;

— sur cette gouttière est branchée, vers le Nord, la vallée de l'Étier de l'Écluse, à l'amont de laquelle sont conservées les argiles noires de la Noultrie, à flore de l'Ilerdien ;

— vers l'Est, la gouttière de la Haute-Perche se prolonge par le bassin tectonique d'Arthon—Chéméré, sur lequel se branche la haute vallée de la Blanche ; à l'amont d'une vallée affluente de celle-ci, se trouve le gisement du moulin des Penauds, à flore de l'Ilerdien ;

— la vallée de la Blanche débouche dans celle de l'Acheneau, qui fut occupée aussi par des marécages sublittoraux de même âge. La communication avec le lac de Grand-Lieu existait, comme le prouvent les gisements de l'Ilerdien continental situés tout autour.

« Nous avons la preuve que, comme celui de la Blanche, le cours du Tenu était déjà solidement établi vers le Nord avant l'Éocène, ce qui implique que le Pays de Retz méridional se présentait déjà en bloc basculé, et ce depuis longtemps ».

Ainsi, « dans ses grandes lignes, le relief, au début de l'Éocène, devait être assez peu différent de ce qu'il est actuellement, des retouches devant toutefois intervenir après l'Éocène », en particulier à la suite de la transgression pliocène. Le long talus méridional, dont le commandement est d'une quinzaine de mètres, est le trait majeur du paysage, depuis le milieu du Crétacé.

### TECTONIQUE POST-LUTÉTIENNE (d'après J. Mounès)

Dans le bassin de Machecoul, les dalles de calcaire dolomitique du Lutétien supérieur sont affectées par de nombreuses cassures subverticales, orientées E—W et NE—SW. Dans la carrière du château d'eau, on observe des ondulations de 1 m d'amplitude et de 25 m de longueur d'onde. Au Sud de l'hippodrome, certaines couches sont basculées vers le Nord-Ouest.

Sur l'estran de la Bernerie, les blocs de grès siliceux esc, épais de 0,80 à 1,50 m et reposant sur le socle, sont affectés par des diaclases de même orientation que celles de ce dernier.

Depuis l'Éocène, il est vraisemblable que le lent mouvement de bascule vers l'Ouest s'est accentué, en particulier sous l'influence des mouvements qui ont accompagné l'élargissement de l'Océan atlantique.

En falaise, de petites failles quaternaires ont été décelées par M. Gautier et J. Mounès.

## RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

### REMARQUES HYDROLOGIQUES

Les nappes phréatiques les plus importantes sont celles des bassins lutétiens de Machecoul et d'Arthon—Chéméré. De petites nappes existent aussi dans les bassins de Saint-Hilaire-de-Chaléons et de Chauvé, remplis de sables pliocènes. D'après J. Mounès, « les eaux de pluie s'infiltrant sur la bordure continentale du marais passent latéralement sous le bri ». Entre le bri superficiel (impermeable) et le socle cristallin, une nappe phréatique existe dans les terrains intermédiaires (sable vaseux ou calcaire lutétien). Cette nappe communique avec celle des *Chaumes* de Machecoul (dans le Lutétien) et celle des sables rouges pliocènes situés tout le long du talus méridional. Sous ces derniers, l'eau est fortement minéralisée.

Lors des forages exécutés en 1850 pour la construction du premier pont du Fresne, sur le Falleron où l'épaisseur du remblaiement sableux, sous le bri (entre — 19 et — 11 NGF), atteint 9 m, on a pu observer une remontée d'eau douce.

Des observations semblables ont été faites dans le marais de Bouin (J. Mounès, 1974).

Le long des falaises, les eaux infiltrées circulant dans les diaclases se chargent d'oxyde de fer dans les alluvions cénozoïques surmontant les porphyroïdes et ressortent sous forme de maigres sources ferrugineuses, au niveau de l'estran (Malmy, en Pornic, la Rinais, en la Bernerie).

### SUBSTANCES UTILES

p2. **Sables et cailloutis pliocènes.** Ils ont été exploités dans de nombreuses petites carrières, soit pour la maçonnerie, soit pour le remblaiement des routes. Les couches supérieures, plus riches en galets, sont activement recherchées.

e5c. **Calcaires sableux lutétiens.** Ils sont encore exploités à Arthon et à Machecoul, surtout pour les remblais ; le calcaire dolomitique, en dalles, peut servir de pierre à bâtir.

ξ<sup>3p</sup>. **Porphyroïdes.** Trop tendre pour être exploité de façon industrielle, ce matériau hétérogène a été très utilisé pour la construction des fermes dans les siècles passés, grâce à son débit en dalles.

ξ<sub>m</sub><sup>2</sup>, ξ<sub>b</sub><sup>2</sup>, ξ<sub>bm</sub><sup>2</sup> et ξ<sup>2</sup>. **Micaschistes et gneiss.** Ils ont été utilisés pour le même usage que précédemment, mais la roche est plus tendre et se délite facilement.

γ3ξ. **Granite blastomylonitique de Sainte-Pazanne.** Des carrières nombreuses et profondes (42 m à l'Ennerie) y ont été ouvertes ; elles sont abandonnées par suite des venues d'eau ; la plus importante est actuellement celle du Retail, au Nord-Ouest de Sainte-Pazanne, qui exploite un faciès mylonitique très résistant, dont on fait des granulats.

### GITES MINÉRAUX

La stibine a été signalée par Kerforne en 1920 dans les schistes de la Tocraye, au Nord de Pornic (0507-1X-4001), en association avec stibiconite et quartz. Au Nord-Ouest et au Nord du Clion-sur-Mer, les alluvions ont livré des traces de molybdénite, cassitérite, scheelite, wolframite, monazite, corindon et barytine (0507-2X-4002). A 3 km plus au Nord, les gneiss de la Ricotière (0507-2X-4001) renferment de petites

veines de quartz à wolframite, scheelite, topaze, molybdénite et fluorite, reconnues par tranchée en 1968-69. Dans le quart nord-est de la feuille, des concentrés alluvionnaires ont livré des traces de cassitérite (indices de Saint-Hilaire-de-Chaléons, Chéméré et Arthon-en-Retz, 0507-00-4001) et des traces de stibine et de molybdénite (indices de la Gillardière, 0507-4X-4001).

Ces divers indices ne semblent présenter aucun intérêt économique.

## DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

### SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

On trouvera des renseignements géologiques et en particulier un itinéraire concernant la région dans le *Guide géologique régional : Poitou — Vendée — Charentes*, par J. Gabilly et collaborateurs (1978), Masson, éditeur: itinéraire n° 11, par M. Ters.

### SONDAGES (\*)

• *Le « bassin » d'Arthon—Chéméré* (fig. 1) se présente sous forme d'une zone affaissée dans le fond rocheux est très irrégulier: c'est une « marqueterie de petits compartiments déplacés les uns par rapport aux autres » (S. Durand, 1960). Une vingtaine de sondages y sont connus, ce qui permet de dresser le schéma morphologique de cette dépression compartimentée en cuvettes, séparées par des failles de direction sud-armoricaine (NW—SE) ou varisque (N 50° E).

*Histoire du « bassin » au Tertiaire :*

*1<sup>er</sup> épisode :* transgression remaniant des formations crétacées déjà silicifiées (sables roux, connus dans trois sondages à l'Est de Chéméré. Age anté-biarritzien).

*2<sup>ème</sup> épisode :* installation d'un marécage aux eaux noires, avec macro-restes végétaux et flore palynologique *lutétienne*.

*3<sup>ème</sup> épisode :* transgression du Biarritzien (= Lutétien supérieur). Sables ou grès calcaires et dolomitiques, pouvant passer latéralement à un calcaire franc à Foraminifères (carrrière du Moulin-Neuf) : puissance totale : 12 à 15 mètres.

Malgré le nombre des sondages, l'importance exacte du bassin et sa structure sont encore mal connues. Les sables roux et les sables lutétiens sont de bons réservoirs aquifères.

• *Le « bassin » de Machecoul* (fig. 2) est limité au Nord par le relief de faille allant des Moutiers à la Marne. Les calcaires sableux du Lutétien supérieur y atteignent une vingtaine de mètres d'épaisseur au maximum et conservent une importante réserve aquifère.

• *Le « bassin » de Saint-Hilaire-de-Chaléons* est comblé par des sables et des cailloutis pliocènes, localement épais d'une dizaine de mètres (la Boule). Peut-être des sables éocènes existent-ils en profondeur ?

(\*) rédigé par O. Limasset, B.R.G.M.

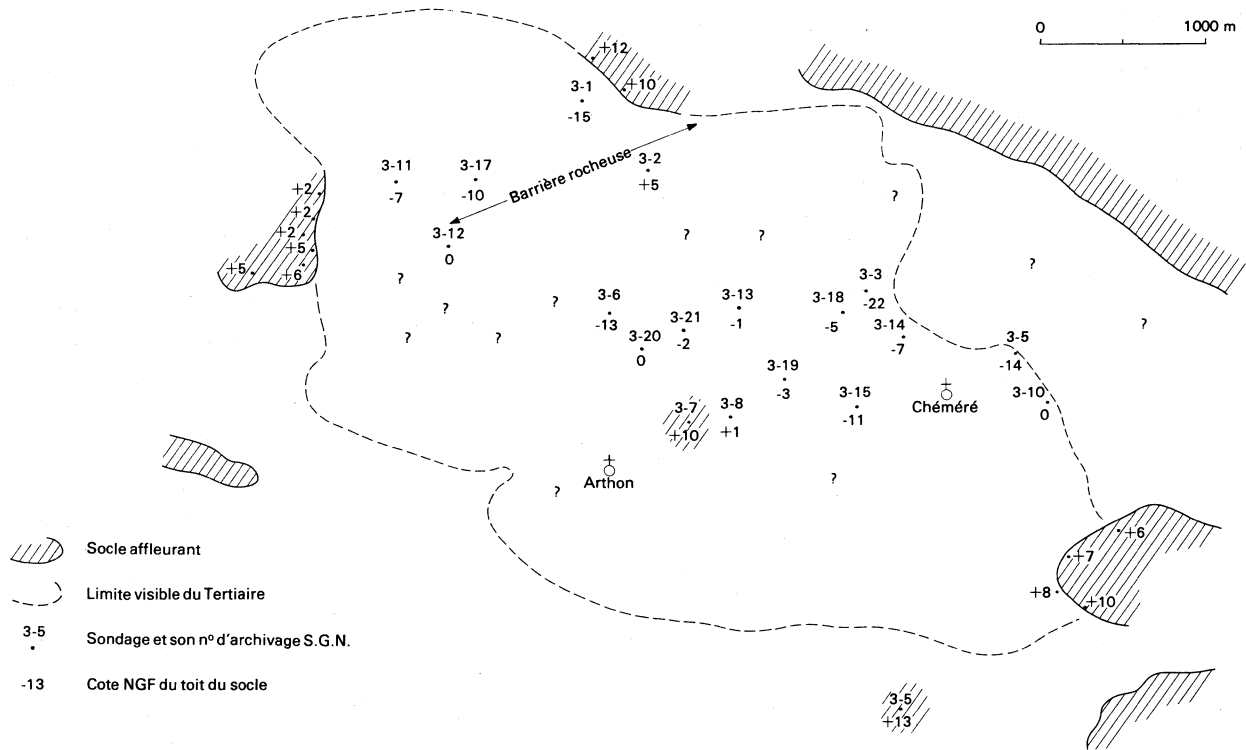


Fig. 1 - Carte du toit du socle dans le bassin Arthon-Chéméré

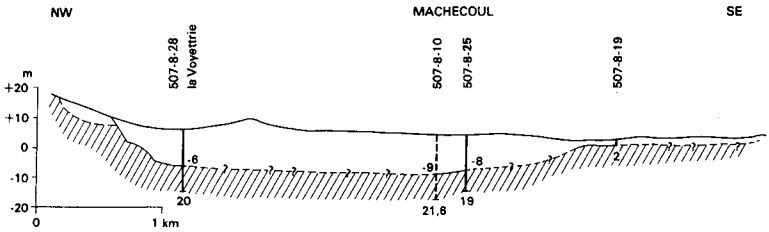


Fig. 2 - Coupe à travers le bassin éocène de Machecoul



**Bassin de Machecoul**

*Coupe du sondage 507-8-12 (château d'eau), dans le Lutétien supérieur*

- + 8,00 à + 7,70 Terre végétale
- + 7,70 à + 3,40 Calcaire dolomitique sableux
- + 3,40 à + 3,00 Calcaire gréseux, à passages de sable
- + 3,00 à + 1,60 Calcaire dolomitique gréseux et sable argileux
- + 1,60 à + 1,40 Sables argileux et graviers
- + 1,40 à + 1,00 Calcaire gréseux
- + 1,00 à - 0,20 Calcaire, avec passages gréseux
- 0,20 à - 2,10 Sables et calcaire
- 2,10 à - 2,50 Calcaire très dur, avec passées sableuses
- 2,50 à - 2,90 Calcaire dur, à passages de sable
- 2,90 à - 3,10 Calcaire sableux, sable et argile
- 3,10 à - 4,20 Calcaire gréseux très dur, sable et argile jaune
- 4,20 à - 7,00 Socle de micaschiste argilisé en surface

**Bassin d'Arthon-Chéméré**

*Coupe du sondage 507-3-3 (d'après S. Durand, 1960)*

- + 7,00 à - 4,00 Sable calcaire et dolomitique : Lutétien supérieur
- 4,00 à - 7,50 Argile noire lutétienne
- 7,50 à - 22,00 Sables à débris silicifiés crétacés

Socle : granite blastomylonitique

*Coupe du sondage 507-3-8 (d'après S. Durand, 1960)*

- + 7,00 à 0,00 Calcaire dolomitique sableux et lits de sable
- 0,00 à - 2,00 Sable calcaire et dolomitique

} Lutétien supérieur

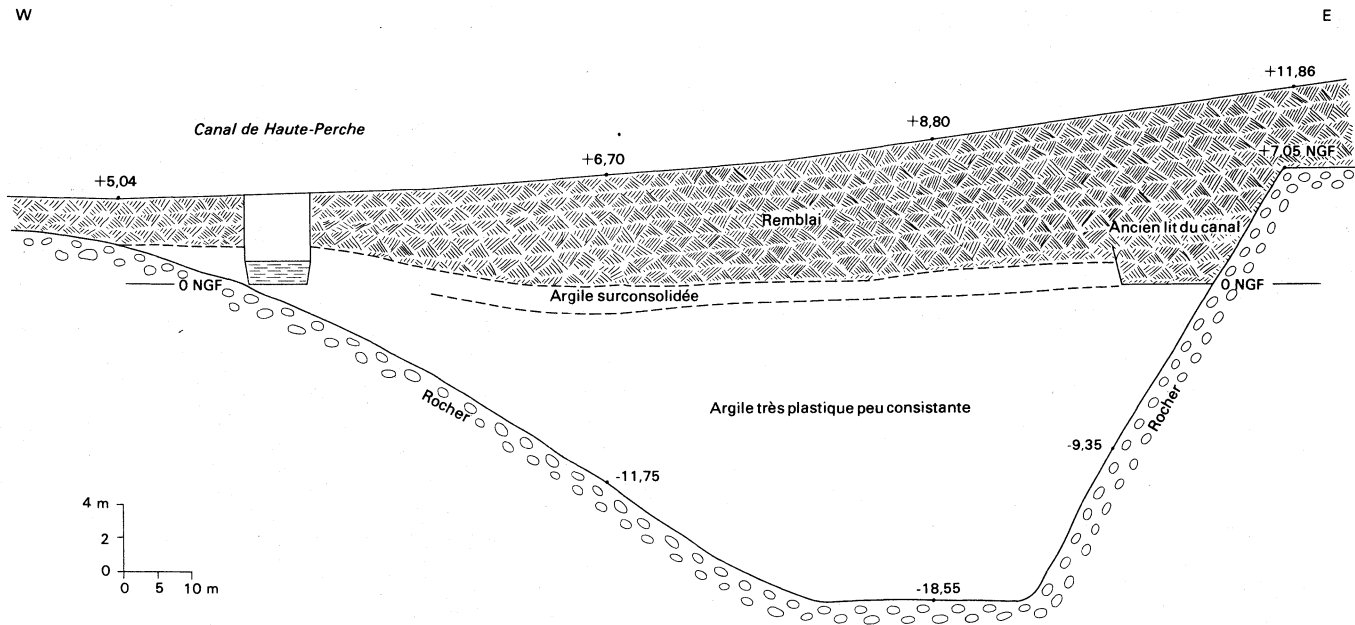


Fig. 3 - Coupe en travers de la vallée de la Haute-Perche, à 1 km en amont de Pornic

CARACTÉRISTIQUES SOMMAIRES DES SONDAGES REPORTÉS SUR LA CARTE

N° archivage S.G.N.	Désignation	Profondeur	Coordonnées Lambert			Cote NGF du toit du socle arrondie au mètre	Observations
			x	y	z sol (NGF)		
507-1-1 à 14	Pornic Déviation CD 213 Canal de Haute-Perche Campagne Pts et C 1963-64 14 sondages	Prof. max. 25 m	264,55	244,72	+ 6 env.	- 19 max.	
			n° 2 :				
507-3-1	Arthon-en-Retz Le Pas Moreau (S 1) Solétanche pour GR 1953	23 m	275,38	246,35	+ 5,42*	- 15	S. Durand 1960, Thèse " " " " " " "
507-3-2	id. Le Pas de la Haie (S 2)	20 m	275,80	245,92	+ 6,85*	+ 5	
507-3-3	id. (S 3)	30,70 m	277,12	245,17	+ 8,56*	- 22	
507-3-4	id. (S 4)	12,20 m	278,53	243,68	+ 5,54*	+ 1	
507-3-5	id. (S 5)	13 m	277,29	242,62	+ 13,59*	Dans socle (+ 13)	
507-3-6	id. (S 6)	28,20 m	275,54	245,06	+ 7,32*	- 13	
507-3-7	id. (S 7)	7,10 m	276,03	244,38	+ 10,30*	Dans socle	
507-3-8	id. (S 8)	18,50 m	276,27	244,41	+ 10,10*	+ 1	
507-3-9	Chéméré						
507-3-10	Sondage pétrolier 1927 (S 1) id. 1928 (S 2)	133,25 m 66 m	278,03 278,22	244,78 244,47	+ 9 env. + 7 env.	- 14 env. 0 env.	
507-3-15	Chéméré Soc. Béarnaise 1956 pour GR S 5 (= V' S. Durand 1960)	27 m	(277))	(244,5)	+ 12 env.	- 11 env.	Localisation très approximative

\* : nivellement réalisé par GR en août 1954



## CARACTÉRISTIQUES SOMMAIRES DES SONDAGES REPORTÉS SUR LA CARTE (suite)

N° archivage S.G.N.	Désignation	Profondeur	Coordonnées Lambert			Cote NGF du toit du socle arrondie au mètre	Observations
			x	y	z sol (NGF)		
507-3-17	Arthon-en-Retz id. S 7 (= VII' S. Durand 1960)	14,30 m	274,75	245,85	+ 3 env.	- 10 env.	S. Durand 1960, Thèse
507-3-18	Chéméré id. S 8 (= VIII' S. Durand 1960)	25 m	277,00	245,05	+ 10 env.	- 5 env.	
507-3-19	Arthon-en-Retz id. S 9 Forage	13,40 m	276,60	244,64	+ 9 env.	- 3 env.	
507-3-20	Arthon-en-Retz La Meule (AEP La Bernerie) Forage n° 1 - 1938	15,85 m	275,73	244,82	+14,20	0	
507-4-1	Saint-Hilaire-de-Chaléons Ferme la Boule Forage pour AEP château de Bois-Rouaud 1 908	27,50 m	281,35	243,13	+ 8 env.	≤ - 2	
507-8-6	Fresnay-en-Retz	27,10 m	280,4	232,7	+ 5	- 6,40	S. Durand 1960, Thèse
507-8-10	Machecoul Solétanche pour GR 1953 S 8	21,60 m	283,3	230,15	+ 5 env.	- 9 env.	S. Durand 1960, Thèse
507-8-11	id. S 9	10,20 m	284,9	229,8	+ 5 env.	0 env.	S. Durand, 1960, Thèse
507-8-12	id. forage Soc. Béarnaise 1962	15,25 m	283,04	230,15	+ 7 env.	- 5 env.	
507-8-13	Fresnay-en-Retz—La Voyet- terie—S.I.F.-Bachy, 1963 - S 1	20,70 m	282,5	232,2	+ 7 env.	- 7 ?	
507-8-28	id. Forage AEP	20 m	282,45	232,13	+ 6 env.	- 6 env.	
507-8-15	Machecoul Étier de la Gravelle Huillet pour GR 1968 (S 2)	9 m	282,71	228,96	+ 3 env.	- 4 env.	
507-8-16	id. (S 3)	16 m	283,22	230,22	+ 6 env.	- 6 env.	
507-8-18	id. Puits n° 4	16 m	282,97	230,30	+ 6 env.	- 9 ?	
507-8-19	Machecoul—La Senne Excavation C.P.G.F. pour GR 1969 (H 5)	2 m	284,0	228,9	+ 4 env.	+ 2 env.	
507-8-20	Machecoul C.P.G.F. pour GR 1969 (H 6)	10,40 m	284,7	230,4	+ 5 env.	- 5 env.	
507-8-21	id. (H 7)	15 m	282,33	230,37	+ 6 env.	- 8 env.	
507-8-25	Machecoul Minoterie Laraison Forage 1 - 1901	18,90 m	283,49	230,03	+ 5 env.	- 8 env.	
507-8-27	Machecoul Pont sur le Falleron S 3 (inutilisable)	11,70 m	284,34	229,50	+ 3 env.	Socle non atteint	

### Talus méridional

Coupe du sondage 507-8-6 (à 800 m au Sud-Est de Fresnay-en-Retz, dans le Pliocène).

+ 5,00 à + 4,50	Terre
+ 4,50 à + 2,30	Sable fin jaune
+ 2,30 à + 1,10	Argile grise sableuse
+ 1,10 à - 5,00	Sable fin jaune, argileux
- 5,00 à - 6,40	Sable fin rouge, argileux

~~~~~  
Socle de micaschistes

### BIBLIOGRAPHIE

- ALIMEN H. et CAILLEUX A. (1937) — Sur un petit bovidé quaternaire récemment découvert aux Moutiers. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5<sup>ème</sup> série, t. VII.
- ARCHAMBAULT M. (1956) — Les rivages de la Baie de Bourgneuf. DES Lettres Poitiers (inédit).
- CAILLEUX A. (1961) — Compléments sur la nature pétrographique des galets au Sud de la Loire. *Bull. Soc. Géol. Min. Bret.*, nouv. série, fasc. 1-2, mai 1963.
- DURAND S. (1957) — Contribution à l'étude du littoral entre la Bernerie et les Moutiers (L-A). *Bull. Soc. Géol. Min. Bret.*, nouv. série, fasc. 1, p. 69-94.
- DURAND S. (1957) — Les grès à sabals de Noirmoutier (Vendée) reposent sur une formation ligniteuse datant du début du Tertiaire. *C.R. Acad. Sc.*, t. 244, p. 2629.
- DURAND S. (1960) — Le Tertiaire de Bretagne : étude stratigraphique, sédimentologique et tectonique. Thèse, *Mém. Soc. Géol. Min. Bret.*, t. XII.
- GAUTIER M. (1952) — Étude morphologique de la côte rocheuse du Pays de Retz. Vol. jubilaire du 50<sup>ème</sup> anniversaire du labor. de Géographie de l'univ. de Rennes, p. 147.
- GAUTIER M. (1969) — Les sablières des environs de Pornic et le Pliocène du Pays de Retz. *Norois*, 16<sup>ème</sup> année, n° 62.
- GOULEAU D. (1968) — Étude hydrologique et sédimentologique de la baie de Bourgneuf. Fac. des sc. de Nantes (thèse).
- GRUET M. et JAUEN P. (1963) — Le gisement moustérien et aurignacien du Bois Milet, Les Moutiers. *L'Anthropologie française*, t. 67, n° 5-6.
- KERFORNE F. (1920) — L'antimoine dans le Massif armoricain. *Bull. Soc. Géol. Min. Bret.*, p. 209.
- KUBIAK R. et CAILLEUX A. (1961) — Nature pétrographique des galets de la côte du Pays de Retz et de Vendée. *Bull. Soc. Géol. Min. Bret.*, nouv. série, mai 1963, fasc. 1-2.
- MARGEREL J.-P. (1968) — Les petits Foraminifères de l'Éocène de l'Ouest de la France et leur intérêt stratigraphique. *Mém. B.R.G.M.*, n° 58, p. 93, Colloque sur l'Éocène.

- MOUNÈS J. (1960) — Rivage oublié : Bourgneuf, Prigny, Saint-Cyr et les Moutiers au Moyen Age. Ed. du Pays de Retz, Paimbœuf.
- MOUNÈS J. (1968) — La côte de Retz, étude de géomorphologie littorale. Mém. de Maîtr., fac. Lettres de Nantes (inééd.).
- MOUNÈS J. (1974) — Le Marais breton et ses marges. Étude de géomorphologie et de sédimentologie. Thèse, univ. de Nantes.
- OLLIVIER-PIERRE M.-F. (1970) — Contribution à l'étude palynologique du niveau sapropélien de la Sennetière en la Bernerie (Loire atlantique). Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, géologie, univ. Rennes.
- PAPÝ L. (1941) — La côte atlantique de la Loire à la Gironde : les aspects naturels. Thèse, Delmas, Bordeaux.
- TERS M. (1953) — Existence d'un désert froid au Quaternaire ancien dans la région littorale vendéenne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), 3, p. 355.
- TERS M. (1957) — Limons éoliens en Vendée littorale. *C.R. Acad. Sc.*, 244, p. 3162.
- TERS M. (1961) — La Vendée littorale. Thèse, Oberthur édit., Rennes.
- TERS M., VERGER F. (1968) — Feuille Nantes-Ile-du-Pilier et notice explicative 1/80 000.
- TERS M., PLANCHAIS N. et AZÉMA C. (1968) — L'évolution de la basse vallée de la Loire, à l'aval de Nantes, à la fin du Würm et pendant la transgression flandrienne. *Bull. A.F.E.Q.*, mars 1968, p. 217.
- TERS M. et FARA A. (1968) — Sur quelques gisements de haut Niveau marin entre la Loire et la Sèvre Niortaise. *Bull. A.F.E.Q.*, 1, p. 19.
- TERS M. (1967) — Tectonique posthume en Bretagne méridionale et en Vendée. *Mém. B.R.G.M.*, n° 52, p. 73.
- TERS M., BRÉBION P., BUGÉ E., CHEVALIER J.-P., LAURIAT A., MARGEREL J.-P. (1970) — Le Redonien de la région de Palluau (Vendée). *Bull. B.R.G.M.*, 1, 2, p. 1-26.
- VASSEUR G. (1881) — Recherches géologiques sur les terrains tertiaires de la France occidentale. Thèse, Paris.
- VERGER F. (1968) — Marais et wadden du littoral français. Thèse, Biscaye, Bordeaux.
- WAN NAI LIANG (1951) — Lithologie et paléogéographie du Plio-Quaternaire détritique de la Basse-Loire. *Revue de Géom. dynam.*, 2<sup>ème</sup> année, n° 5.
- Carte sédimentologique sous-marine des côtes de France à 1/100 000.**  
Feuille *Saint-Nazaire* (1968), par J.-R. Vanney.
- Cartes géologiques à 1/80 000**  
Feuille *Nantes* (1926), par L. Bureau et G. Ferrière,  
Feuille *Nantes-Ile du Pilier* (1968), par M. Ters et F. Verger.

**Cartes des gîtes minéraux de la France à 1/320 000**

Feuille *Nantes* (1961), coordination par F. Permingeat.

**Carte gravimétrique de la France à 1/320 000**

Feuille *Nantes* (1963).

**Cartes topographiques**

*Cartes topographiques* de l'estran, entre Pornic et le port du Collet, par J. Mounès à 1/12 500 (tirages effectués par l'Institut géographique national) :

1. Rade de Bourgneuf. Port du Collet, 1961,
2. Roches de la Bernerie, 1963,
3. Abords sud de Pornic, 1965.

*DOCUMENTS CONSULTABLES*

La Banque des données du sous-sol du B.R.G.M. détient l'inventaire des sondages exécutés dans le périmètre de la feuille et archive les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés, soit au S.G.R. Pays de la Loire, rue Henri-Picherit, 44 000 Nantes, soit au B.R.G.M., 6-8 rue Chasseloup-Laubat, 75015 Paris.

**AUTEURS**

Cette notice a été rédigée par M. TERS, professeur à l'université de Picardie, Amiens. Il a été largement fait usage des recherches approfondies de J. MOUNÈS, publiées dans sa thèse (1974).

M.-F. OLLIVIER-PIERRE, maître-assistant à l'université de Rennes et J.-J. CHATEAUNEUF, ingénieur géologue au B.R.G.M., ont rédigé ce qui concerne la palynologie.

Le chapitre Gîtes minéraux est de J. FÉRAUD, ingénieur géologue au B.R.G.M.

M. GAUTIER et A. CAILLEUX ont bien voulu nous faire bénéficier de leur connaissance approfondie de la région.

L'emplacement des sites pré- et protohistoriques nous a été aimablement communiqué par le Dr TESSIER (Tharon).

Les indications concernant les sondages ont été fournies par le Service géologique régional Pays de la Loire (O. LIMASSET).

Les déterminations en micropaléontologie ont été faites par P. ANDREIEFF, ingénieur géologue au B.R.G.M. et J.-P. MARGEREL, maître de conférences à l'université de Nantes.