

NOROIS

Publiée avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique.

Phénomènes naturels et travaux d'aménagement portuaires L'exemple de la ria de Pornic (L.-A.)

par Marcel GAUTIER

Faute de s'adresser aux hommes de l'art que sont les géomorphologues, encore méconnus en France, on a trop souvent tendance à négliger, dans les travaux à la mer, les répercussions des ouvrages de Génie civil envisagés sur la dynamique locale des eaux et sur la sédimentation littorale. Nous illustrerons les risques de cette pratique par l'exemple de la ria de Pornic, débouchant dans la baie de Bourgneuf, en Loire-Atlantique. Cette ria constitue l'estuaire de l'étier de la Haute Perche, qui draine les marais du même nom. La figure 7 permet de la situer sur les cartes en usage. Dans le souci de favoriser ici le développement de la navigation de plaisance, on a entrepris d'édifier, à la sortie de la ria, un port « en eau profonde » (en « a » de la fig. 1) et l'on a construit, entre l'automne 1969 et mai 1970, un petit port de plaisanciers (en « b » de la fig. 1). Nous allons examiner, à la lumière des données incomplètes dont nous disposons et sans vouloir discuter de l'intention qui préside à ces travaux, leurs incidences possibles sur la morphologie du remblaiement de l'estuaire.

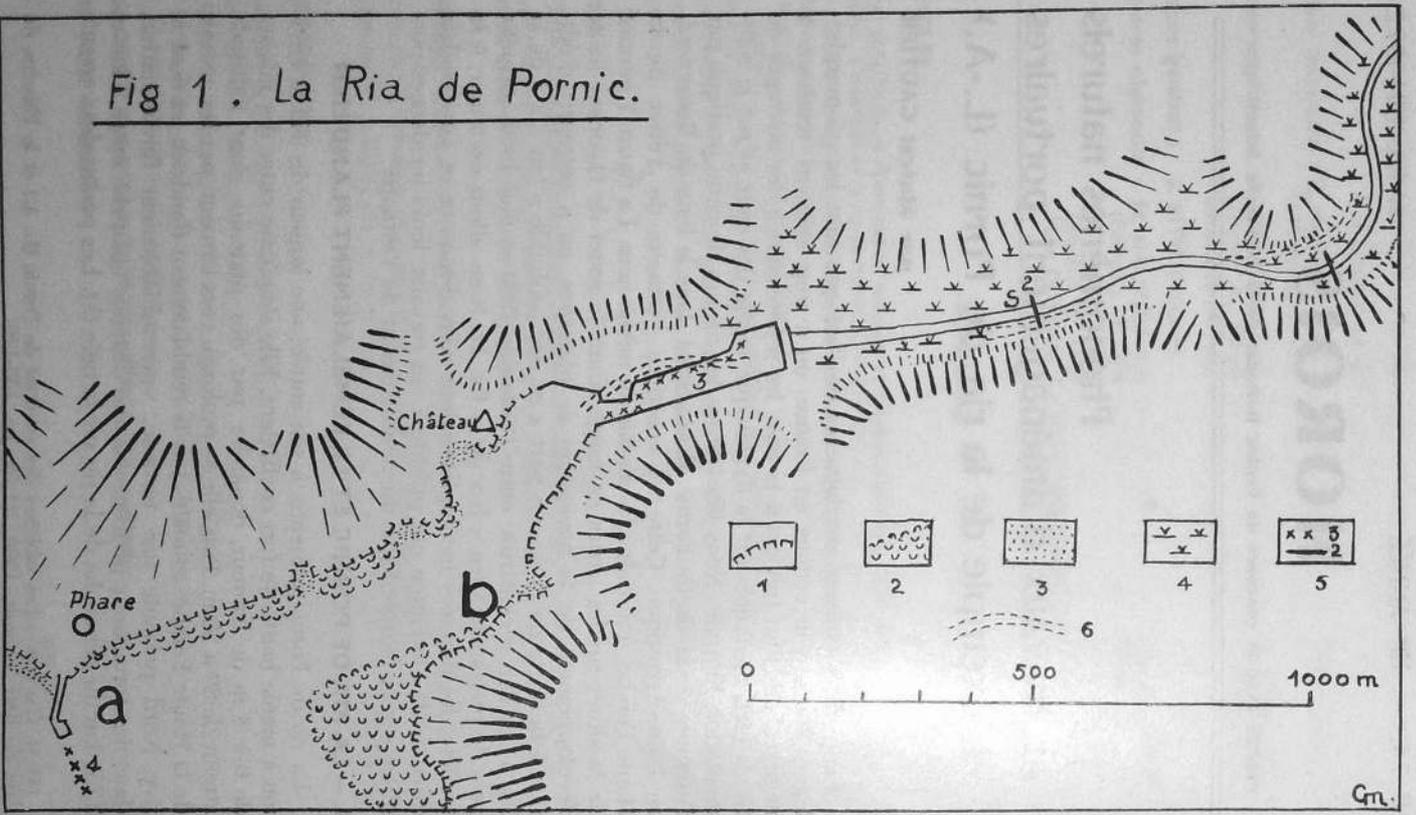
I. — LA RIA DE PORNIC ET LE REMBLAIEMENT FLANDRIEN

La ria de Pornic présente, à son entrée, une largeur de 350 m environ à marée haute de fort coefficient. Elle s'encaisse entre des falaises de 6 à 8 m de hauteur, dominées par des plateaux dont l'altitude atteint de 30 à 36 m. Puis elle se prolonge vers l'amont par les marais de la Haute Perche, colmatés par le remblaiement flandrien, et dont la rive Nord présente une terrasse, vraisemblablement fluvio-marine, dans des formations pliocènes, à une distance comprise entre 2 km et 3,750 km du débouché de la ria sur la baie (1). Les pentes des versants

(1) M. GAUTIER : Les sablières des environs de Pornic (L. A.) et le Pliocène du Pays de Retz. (*Norois*, 1969, N° 62, pp. 155-176).

Fig 1 . La Ria de Pornic.

Legende : 1) Falaise. — 2) Estran rocheux. — 3) Plage. — 4) Marris. — 5) Emplacement des sondages. — 6) Ancien tracé probable du chenal. S - seuil.



s'adouissent dans cette zone amont et sont façonnées dans les revers de deux blocs basculés en sens inverse et dont les marais forment la charnière. L'aspect de falaise morte, au bas du versant, persiste cependant jusqu'à plus de 2,500 km de l'entrée de la ria.

Des sondages ont été effectués, à diverses reprises, en 4 points de la vallée. D'amont en aval, ils se situent, dans les marais de la Haute Perche, à 500 m en amont du pont disparu de l'ancienne ligne ferrée à voie étroite, puis à la hauteur de ce pont (1 et 2 de la fig. 1) qui franchissait la ria dans le prolongement du chemin incurvé, héritier

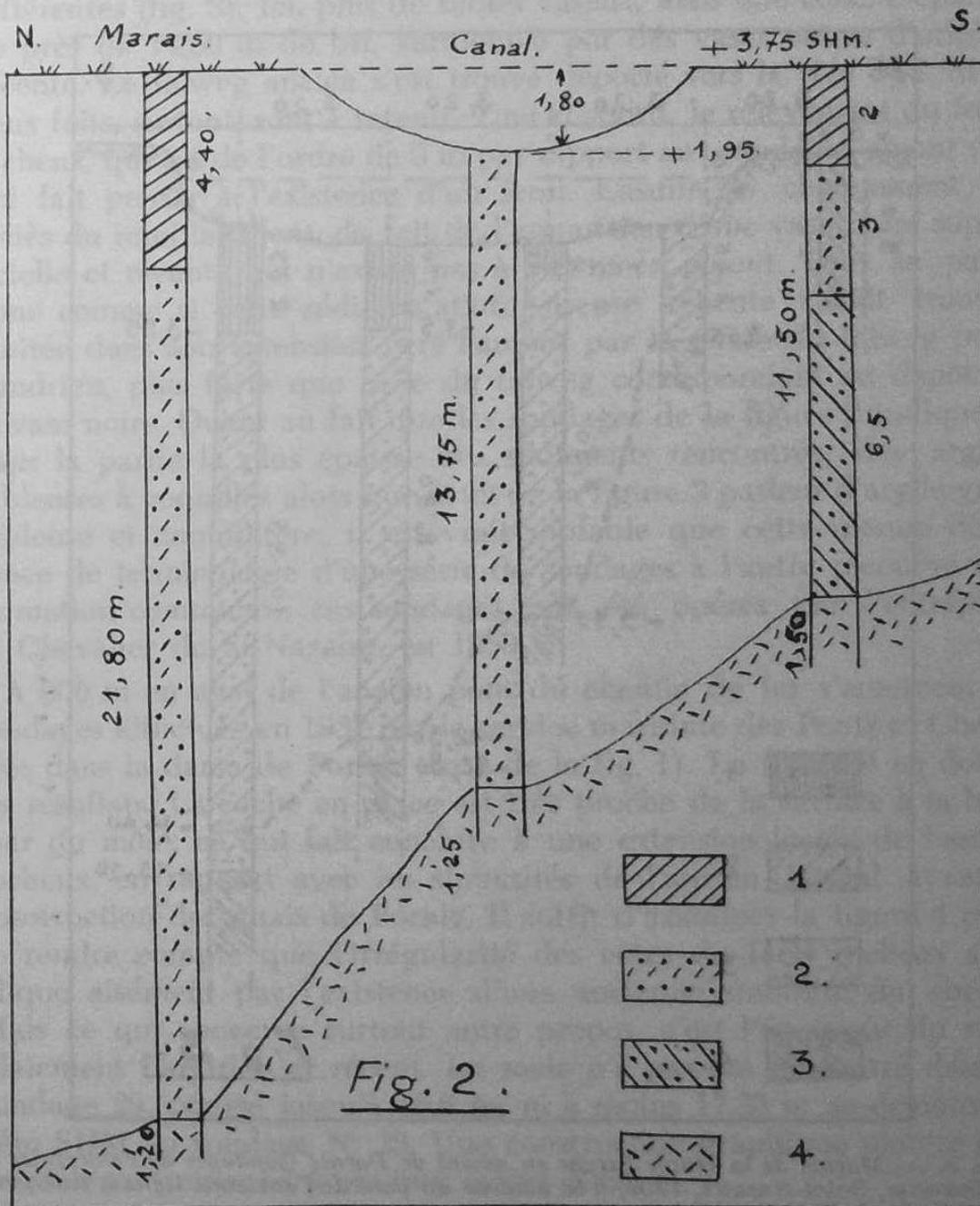


FIG. 2. — Marais de la Haute Perche à 500 m en amont de l'ancienne ligne ferrée à voie étroite (n° 1 de la fig. 1).

Légende : 1) Terre végétale et argile grise. — 2) Sable vaseux et coquilles. — 3) Argile grise sableuse. — 4) Micaschistes altérés.

de l'ancienne ligne, qui passe, sur la feuille à 1/25 000 de Mâhecoul, N° 1 et 2, à gauche du « L » de Les Bretonnières et à l'Est de l'inscription abrégée « Cimetière Militaire Britannique ». Une troisième série de sondages fut effectuée dans la darse du port actuel, le long du quai Nord, et une quatrième dans le prolongement de la jetée de la Noëveillard, au Sud du phare de Pornic (N° 3 et 4 de la fig. 1) (2).

Les sondages amont (1 de la fig. 1) ont donné les résultats représentés sur la figure 2. Le socle micaschisteux — encore s'agissait-il de roche décomposée par les actions tertiaires et périglaciaires — a été

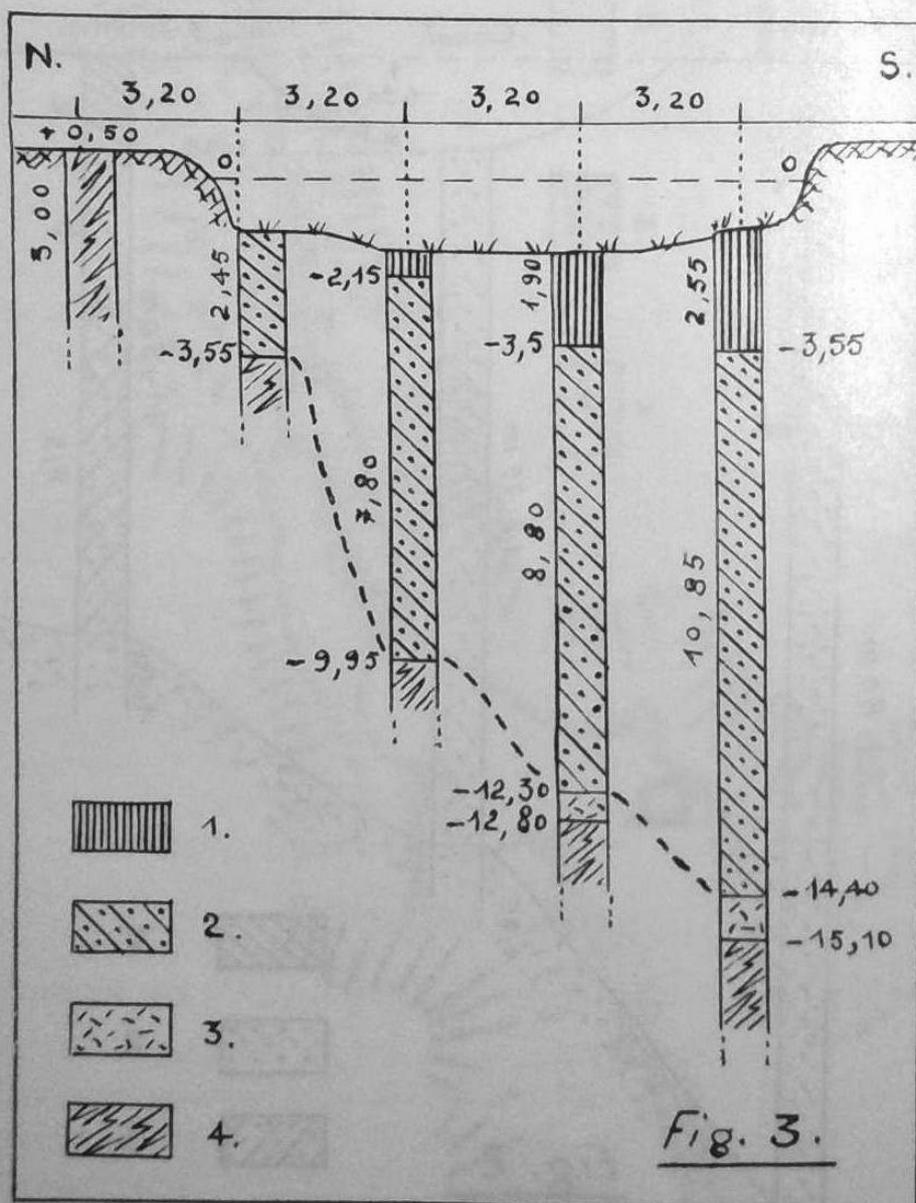


FIG. 3. — Marais de la Haute Perche en amont de Pornic (sondages de l'entreprise P. Chevalier, Saint-Nazaire, 1959, à la hauteur du pont de l'ancienne ligne à voie ferrée étroite (n° 2 de la fig. 1), 0,5 cm = 1 m.

Légende : 1) Vase noire. — 2) Argile grise sableuse et coquillée. — 3) Micaschistes altérés. — 4) Micaschistes carottables.

(2) Les résultats de ces sondages nous ont été aimablement communiqués par notre ami Jean Mounès, que nous remercions ici de son obligeance.

rencontré là à 18,05 m sous le zéro SHM dans le sondage le plus septentrional, qui ne correspond pas nécessairement à la partie la plus creuse de la vallée, probablement plus profonde encore. Il montre que le canal actuel n'est pas à l'aplomb de la ligne de talweg, mais décalé vers le Sud. Le remblaiement, d'origine marine, est essentiellement constitué de sables vaseux coquilliers, reposant, sur le flanc Sud de l'ancienne vallée, sur des argiles grises sableuses du type « bri » et surmontés par des dépôts de solifluxion.

Les sondages opérés à l'emplacement de l'ancien pont du chemin de fer, à 500 m en aval des précédents, fournissent des indications un peu différentes (fig. 3). Ici, plus de sables vaseux, mais une couche épaisse de près de 14,50 m de bri, surmontée par des vases noires d'origine récente. Le talweg ancien s'est trouvé déporté vers la rive Sud. Mais deux faits, surtout, sont à retenir. Tout d'abord, le relèvement du fond rocheux, qui est de l'ordre de 3 m par rapport aux sondages amont ; ce qui fait penser à l'existence d'un seuil. Ensuite, le changement de faciès du remblaiement, du fait de l'apparition d'une vase noire superficielle et récente qui n'existe pas à 500 m en amont. Tout se passe donc comme si cette sédimentation vaseuse récente s'était trouvée limitée dans son extension vers l'amont par la pente du talweg post-flandrien, plus forte que celle du talweg correspondant au dépôt de la vase noire. Quant au fait que les sondages de la figure 2 indiquent, dans la partie la plus épaisse des sédiments rencontrés, des argiles sableuses à coquilles alors que ceux de la figure 3 parlent d'argile grise sableuse et coquillifère, il est vraisemblable que cette menue différence de terminologie d'une série de sondages à l'autre recouvre une formation commune ; ces sondages ont été opérés par l'entreprise P. Chevalier de St-Nazaire, en 1959.

A 500 m en aval de l'ancien pont du chemin de fer s'amorcent les sondages effectués en 1937 par le service maritime des Ponts et Chaussées dans la darse de Pornic (en 3 de la fig. 1). La figure 4 en donne les résultats. La roche en place est très proche de la surface à la hauteur du môle, ce qui fait conclure à une extension locale de l'estran rocheux, en rapport avec les sinuosités de l'ancien chenal avant la construction des quais de Pornic. Il suffit d'examiner la figure 4 pour se rendre compte que l'irrégularité des cotes du fond rocheux s'explique aisément par l'existence d'une ancienne sinuosité du chenal. Mais ce qui concerne surtout notre propos, c'est l'épaisseur du remblaiement flandrien et récent. Le socle n'a pas été rencontré dans le sondage 29, poussé jusqu'à 15,6 m, ni à moins 17,35 m au-dessous du zéro SHM au sondage N° 23. Une construction graphique montre que ce socle se trouve ici à environ moins 20-25 m.

Quant aux sondages effectués en août 1960 par les Ponts et Chaussées dans le prolongement de la jetée de la Noëveillard (en 4 de la fig. 1 et fig. 5), et poussés seulement jusqu'à moins 13,10 m, ils mettent

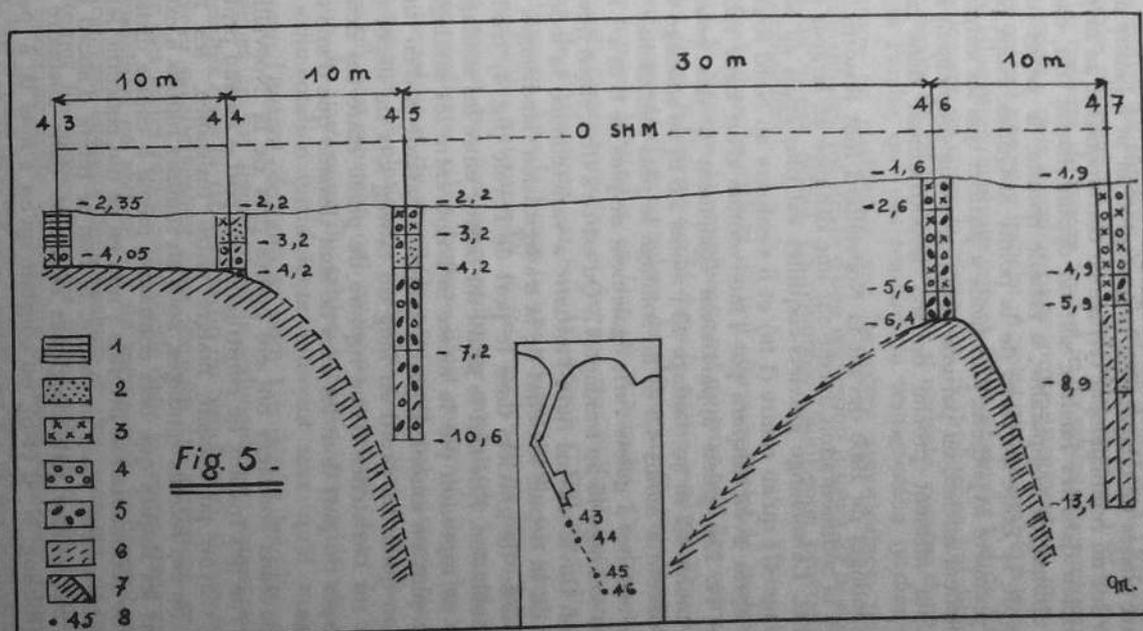


Fig. 5.

FIG. 5. — Sondages des P. et Ch., sept. 1960, devant l'estacade de la Norvèlland, à Pornic
 Légende : 1) Vase. — 2) Sable. — 3) Gravier. — 4) Coquilles brisées. — 5) Galets. —
 6) Argile grise. — 7) Roche en place (micaschistes). — 8) Emplacement et numéro
 des sondages.

en évidence un remblaiement actuel notable de sables et de galets au-dessus des argiles flandriennes et, soit un replat du fond rocheux, soit deux phases de creusement, le passage d'un lit à l'autre ayant pu s'opérer sur un remblaiement tyrrhénien correspondant au niveau bas-Normannien dans les falaises, soit un dédoublement du chenal en roche, diramation comparable, à échelle réduite, à celles du fond rocheux de la Loire au Nord de la pointe St-Gildas. Nous penchons vers la première hypothèse, plus facile à justifier que les autres par un remblaiement ancien, ou par une confluence due simplement à la présence d'un affluent proche de son aboutissement dans la Haute Perche.

Ces sondages de 1960 devant la Noëveillard font ressortir l'irrégularité de la sédimentation, même sur une distance en largeur de 60 m seulement. Le mélange graviers-coquilles est plus épais au Sud (3 m au sondage 47) qu'au centre (1 m) et il s'enfonce au Nord sous la vase récente après avoir disparu par l'intervention d'un banc sableux au sondage 44. Les galets apparaissent également à des cotes différentes : moins 4,2 m au sondage 45 ; moins 2,6 m au sondage 46 ; puis ils s'enfoncent à moins 4,9 m au sondage le plus méridional. L'épaisseur des couches à galets varie également de plus de 6 m à 1 m seulement, du sondage 45 au sondage 47. Qu'est-ce à dire, sinon que la sédimentation fluvio-marine dans l'estuaire a varié comme la topographie du fond du lit depuis le début de la transgression flandrienne. L'allure de la couche de graviers dans le port de Pornic (fig. 4) tend vers la même conclusion. Elle suit le profil du talweg entre les sondages 21 et 24, mais ne reproduit pas la même inflexion entre les sondages 28 et 33 situés plus en amont. Il serait toutefois hasardeux d'en tirer une conclusion quant au profil en long du talweg lors du dépôt des graviers, et sur l'existence d'une rupture de pente entre ces deux séries de sondages du port dont les axes ne sont distants que d'une centaine de mètres.

De nouveaux sondages ont été opérés près de la Noëveillard en 1970 en vue des travaux de construction du port « en eau profonde ».

Faute d'avoir pu obtenir, malgré notre insistance, les résultats détaillés de ces récents sondages, nous en sommes réduits à extrapoler avec tous les risques que cela comporte, même à courte distance, en matière de sédimentation littorale ; non en ce qui concerne les étapes d'un remblaiement, mais sa nature. Si l'on se réfère d'abord aux travaux et aux études palynologiques effectués dans l'estuaire de la Vilaine (Bibliog. N° 2 et 8), on constate qu'on a noté là, à partir de 18 m de profondeur et en remontant vers la surface, que la sédimentation flandrienne commença, dans les marais de Redon, au cours du Boréal (9 500-7 500 BP). Rapide au cours de celui-ci, elle fut plus lente au cours de l'Atlantique (7 500-5 000 BP) et au Sud-Boréal (5 000-2 500 BP). La période Sub-Atlantique (à partir de 2 500 BP)

commence, dans les marais de Redon, à partir de 9,50 m de profondeur et s'étend jusqu'au sommet du remblaiement ; la sédimentation redevient alors active. Le sondage N° 36, opéré à 250 m à l'Est du gisement de sables pliocènes de Rieux, a rencontré le socle à 22 m de profondeur. Il a traversé, de bas en haut, 4 m de sables gris contenant de nombreux galets ; puis le sable passe progressivement à une vase sableuse, et enfin à une vase franche. A noter que l'on est là à une quarantaine de kilomètres du rivage actuel. Cette étude du Val de Vilaine montre également qu'après la régression post-pliocène qui libéra la vallée des dépôts de sables rouges dont il ne reste, comme dans celle de la Haute Perche, que des témoins, la transgression tyrrhénienne, qui se marque en particulier, sur les côtes armoricaines, par les niveaux normanniens, fut suivie d'une régression jusqu'à 25 m environ au-dessous du niveau actuel. La remontée flandrienne provoqua un nouveau remblaiement.

Plus au Sud, dans le paléolit de la Loire qui atteint la profondeur de — 51 m à St-Nazaire, le remplissage est grossier et d'âge würmien à la base. Cet étage inférieur, érodé dans la partie aval du lit d'où il a disparu, est surmonté d'un complexe de sédiments fins reposant directement sur le socle à Mindin, en face de St-Nazaire. Ce complexe est d'origine partiellement marine et les spectres polliniques permettent de le dater de l'Atlantique au Sub-Atlantique (7 500 BP à l'Actuel). Nous en donnons, dans la figure 6, une coupe établie par nous à partir des données des auteurs cités *in fine*, au N° 10 de notre bibliographie. Il en ressort que tout ce remplissage est fait de formations peu consistantes, argiles et sable, comme il est constitué, dans les marais de Redon, de sables et de vases. On peut ainsi, par analogie, se représenter comme suit l'évolution de l'estuaire de la Haute Perche : après une régression post-pliocène qui ne laissa subsister, dans le bassin-versant, que des lambeaux de sables rubéfiés, remaniés ultérieurement, la sédimentation tyrrhénienne intervint sans qu'il nous soit possible, pour l'instant, de faire sa part. Les dépôts les plus anciens sont analogues au bri flandrien et la sédimentation correspondante, qui put débiter dans la ria vers la fin du Sub-Boréal, si l'on en juge par le niveau qu'atteignaient alors les eaux transgressives, se poursuivit avec des faciès variés ; variations dans le temps, dans un plan vertical, variations en surface sur un même plan horizontal, au gré des déplacements latéraux des chenaux et des courants de marée, faisant alterner les argiles plus ou moins sableuses et coquillières avec des bancs de sable, de graviers et de galets, ces formations mêlées devenant plus épaisses vers l'aval et les vases n'intervenant en surface que localement. Dans la partie aval de l'estuaire, graviers et galets deviennent plus abondants, preuve d'une compétence accrue des eaux dans une zone plus soumise aux influences marines et de ce fait plus agitée (Fig. 2, 3 et 5). C'est du moins, en l'absence d'autres données plus précises qui ne nous ont pas été communiquées, ce que l'on peut supposer en fonction des éléments dont nous disposons.

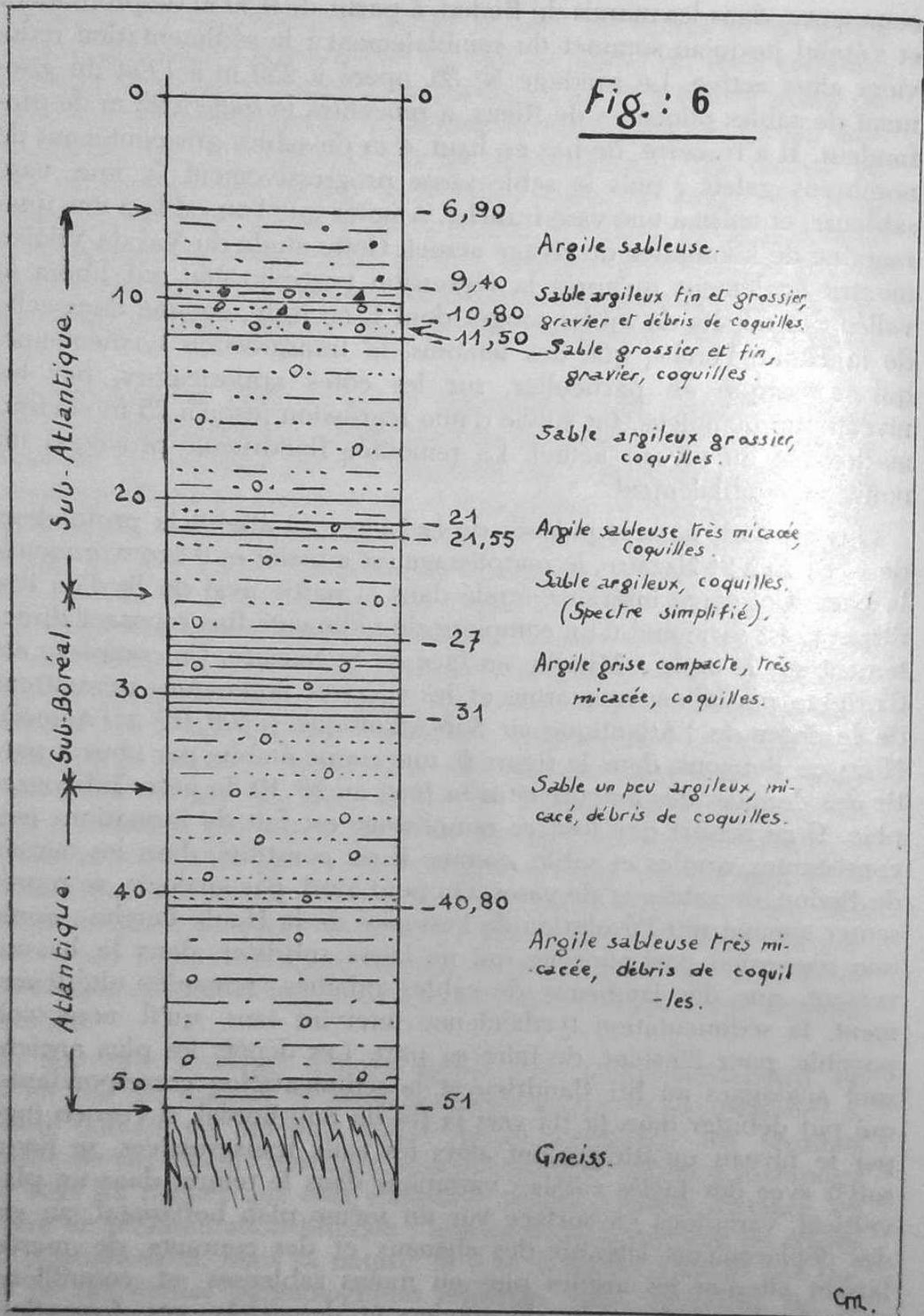


FIG. 6. — Spectre du remblaiement de la Loire à Mindin (d'après M. Ters, N. Planchais et C. Azema ; bibliog. n° 10).

L'estimation de l'épaisseur du remblaiement à l'entrée de la ria de Pornic résulte de l'examen des sondages dont nous avons parlé et de ceux qui furent opérés dans la Baie par sismique réflexion et publiés

en février 1971 (Bibliog. N° 1). Ces derniers ont précisé l'allure des chenaux de la Baie et montré que le paléolith de la Haute Perche se creuse entre la côte Nord et le Banc de Kerouars, accumulation sableuse accrochée à un interfluve modelé dans le Briovérien, pour aboutir dans le paléolith de la Loire pré-flandrienne à une cote vraisemblablement voisine de moins 55 m. Toutefois, on commettrait une erreur qui accroîtrait très sensiblement l'épaisseur du remblaiement en face de la Noëveillard (en c de la fig. 7) si l'on adoptait la méthode classique qui, partant de la cote du confluent et de celles des sondages de la ria, aboutirait à une courbe parabolique analogue à celles des talwegs évolués. Ces paléoliths, comme l'indiquent les cotes de la figure 7 a, ont un profil longitudinal beaucoup plus tendu que ceux des cours d'eau actuels de la bordure atlantique non montagneuse ; preuve d'une fuite en profondeur de leur niveau de base et donc d'une érosion intense lors de leur creusement, et d'une régularisation très imparfaite. Nous disposons de 2 jalons, fixés par sismique réflexion, entre le paléolith de la Loire et les sondages de la ria de Pornic et des marais de la Haute Perche, l'un à — 35 m SHM au N du Banc de Kerouars, l'autre à — 25 m SHM en face de Ste-Marie-sur-Mer. Compte tenu de ces repères et de ceux obtenus par les forages, on peut estimer à 20-25 m l'épaisseur du remblaiement flandrien et actuel à la hauteur de la Noëveillard (fig. 7, b). Un profil parabolique aurait donné 35 à 40 m de remblaiement, et aurait été en contradiction avec les résultats de la sismique réflexion. Mais il faut aussi tenir compte des incertitudes d'une méthode graphique, et du fait que le profil restitué ignore les mouilles et les seuils. Or, ces accidents des talwegs influent sur les profils sismiques, tant dans la Baie que dans la Loire pré-flandrienne. L'ancien talweg ligérien se creuse à — 51 m en face de St-Nazaire et à — 80 dans la fosse du Croisic. Entre les deux cotes, on trouve — 55, — 78, puis — 60 et — 56, donc un seuil, avant de retrouver des profondeurs de — 77 et — 80 m. On est moins renseigné sur les inflexions de détail du profil submergé de la Haute Perche pré-flandrienne. On pouvait toutefois s'attendre, en établissant le projet du nouveau port de plaisance de Pornic, à rencontrer un remblaiement peu consistant d'une épaisseur d'environ 25 m, plus faible si l'on tombait sur un seuil, plus forte si l'on s'enfonçait dans une mouille. Seuls, des sondages locaux pouvaient apporter des précisions plus grandes. Mais on avait les moyens de connaître approximativement, avant toute prospection et en utilisant les données acquises, ce qu'on allait rencontrer au delà de la banquettes constituée par l'estran rocheux plus ou moins masqué par des sédiments récents.

Ceci, d'autant plus que le cas n'est pas isolé. Dans le port de Tréguier (Côtes du Nord), des sondages, poussés en 1932 jusqu'à plus de 8 m sous le zéro SHM, n'avaient ramené que de la vase et du sable plus ou moins coquillier à proximité du quai, donc sur le flanc de la vallée remblayée, non à l'aplomb du talweg ; et le fond rocheux

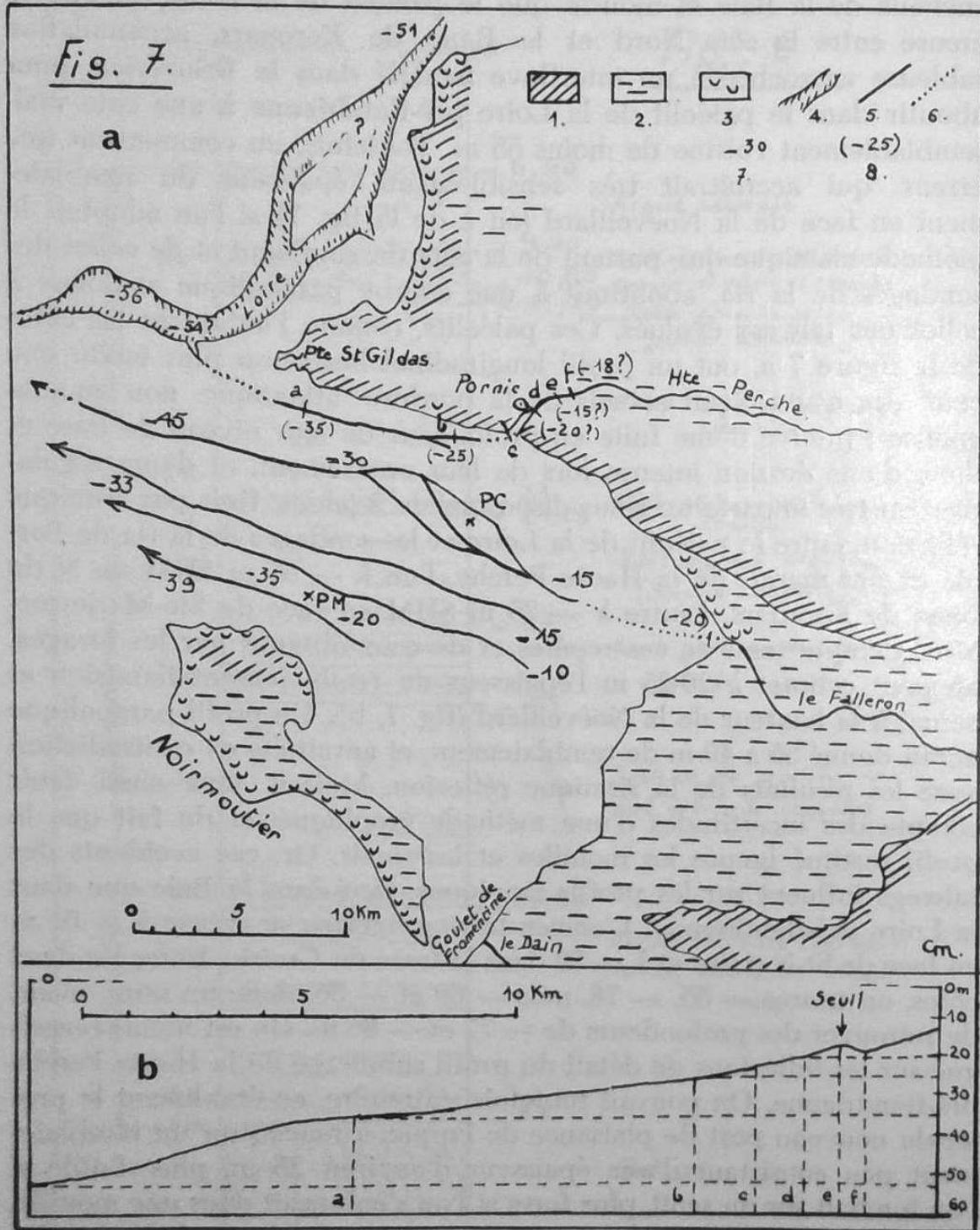


FIG. 7. — a) Anciens tracés hydrographiques en Baie de Bourgneuf et au Nord de celle-ci (d'après R. Horn *et al.*, 1967 ; F. Ottmann et D. Gouleau, 1968 ; J. R. Vanney, 1969 ; rectifiés d'après Y. Delanoe, A. Dieucho et D. Gouleau, 1971. — b) Profil restitué du paléolite rocheux de la Haute-Perche pré-flandrienne. Les lettres a, b, c, d, e, f renvoient à la figure 7 a.

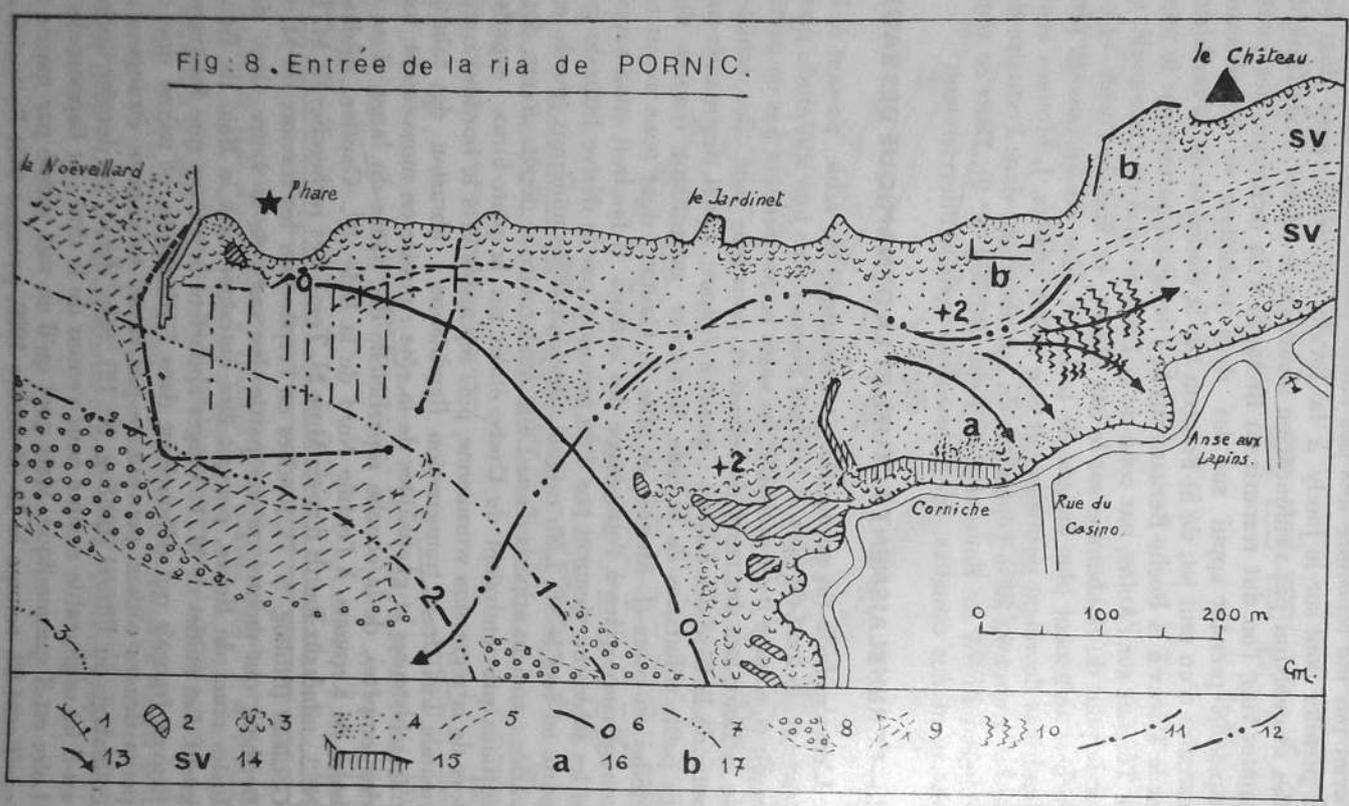
Légende : 1) Socle ancien. — 2) Marais. — 3) Dunes. — 4) Ancien lit rocheux de la Loire. — 5) Tracés vérifiés par sondages sismique réflexion. — 6) Prolongements probables. — 7) Cotes SHM du fond rocheux. — 8) Cotes concernant l'ancien talweg de la Haute Perche et l'embouchure du Falleron. — PC : Pierre du Chenal ; PM : Pierre Moine.

n'avait pas été rencontré lors des études préalables à l'établissement du premier pont sur le Jaudy à la fin du XIX^e siècle, pont dont les piles avaient fini par s'enfoncer en incurvant le tablier. Pour franchir maintes rias, l'on dut recourir en Bretagne à la technique des ponts suspendus prenant appui sur les rives rocheuses et franchissant l'estuaire d'un seul jet, de St-François sur la Rance et de Lézardrieux sur le Trieux à la Roche Bernard sur la Vilaine, en passant par le pont de Térénez sur l'Aulne, par celui de la Laita en aval de Quimperlé, et par le pont du Bonhomme sur le bas Blavet. Au Sud de Pornic, et en un lieu nettement plus éloigné de la Loire, donc où les talwegs préflandriens devraient normalement être moins creusés, J. Mounès avait évalué à environ 20 m l'épaisseur du remblaiement dans l'estuaire du Falleron au SW de Bourgneuf en Retz. (Bibliog. N° 9). Dans ce remblaiement des estuaires, les phénomènes actuels interviennent.

II. — LE REMBLAIEMENT ACTUEL ET LA DYNAMIQUE DES EAUX

L'entrée de la ria pornicaise est encombrée de sable, passant à la vase vers le fond du port. Il faudrait pousser plus loin son étude pour savoir si, comme il est probable, les vases ne proviennent pas en partie de la Loire lors des crues de celle-ci et, pour une part, des schistes noirs de la base des falaises ; quant à l'apport actuel des marais par les petits tributaires de la Baie, il s'avère insignifiant d'après des études en cours (J. Mounès et Mlle F. Gautier) dont nous avons eu connaissance grâce à l'obligeance des auteurs. Il faudrait aussi savoir si les sables ne viennent pas d'un transport par la dérive littorale qui porte ici vers le SE. Leur origine, décelée par les minéraux lourds, est variée : anciens apports d'une Loire quaternaire et dépôts divers, dont certains proviendraient de Groix, étalés sur la plate-forme exondée lors de la régression würmienne, puis repoussés vers la bordure continentale lors de la transgression flandrienne ; abrasion des falaises micaschisteuses et gneissiques de la côte ; remise en mouvement, lors des tempêtes, de la couche superficielle des bancs du large, dont le banc de Kerouars, à l'entrée Nord de la Baie (F. Gautier, bibliog. N° 3 ; minéraux lourds d'après Mme M. Ters). Les recherches de M. D. Gouleau (Bibliog. N° 7), fondées en l'espèce sur les travaux de M. L. Berthois, ont montré qu'une partie des vases de la Loire, lors des fortes crues du fleuve, pouvait être entraînée vers la Baie de Bourgneuf. Les études de M. F. Verger apportent la preuve que les grands fleuves français qui débouchent dans l'Atlantique, et même que de petits fleuves côtiers, peuvent ne pas rester totalement étrangers au colmatage du littoral (Bibliog. N° 12). Sans doute, ce dernier apport est-il ici négligeable comme nous venons de le dire ; et l'apport de la Loire est-il spasmodique. Mais quoi qu'il en soit, même par marée de coefficient 63, comme le 15 décembre 1969, presque tout l'estuaire de Pornic assèche ; un petit delta apparaît à l'entrée de la ria (fig. 8).

Fig. 8. Entrée de la ria de PORNIC.



pendant que des bancs allongés émergent les premiers au jusant. L'étréot chenal balisé vient border, à la sortie de la ria, l'estran rocheux de la rive Nord à la sortie de l'estuaire. Mais celui-ci se développe presque tout entier en arrière de l'isobathe qui correspond au zéro hydrographique, et donc assèche en vive eau, à part le fond très étroit du chenal : on peut traverser l'estuaire presque à pied sec, en ayant seulement, et sur quelques mètres, de l'eau à moins de mi-mollet. Si l'on considère les isobathes de -1 et -2 m, établis vers la fin du XIX^e siècle, à une époque où le remblaiement était à un niveau inférieur à l'actuel, on voit qu'elles prennent en écharpe le bassin en cours de réalisation (mars 1971) qui n'assècherait donc pas entièrement. Il y resterait de 0,50 m à 1 m d'eau dans son angle NE, de 1 m à 1,50 m dans l'angle SW des accostages prévus ; ceci justifierait donc le terme de port « en eau profonde » par opposition à celui de port d'échouage. Mais « en eau profonde », et très localement, pour des plaisanciers et pour eux seuls. Ceci, bien entendu, si les travaux entrepris ne viennent pas modifier les conditions hydrodynamiques et celles de la sédimentation dans l'entrée de l'estuaire, ce qui n'est guère concevable.

En effet, il est de règle à peu près constante qu'un ouvrage venant se mettre au travers d'une dérive littorale charriant des sédiments en suspension provoque, à l'extrémité de celui-ci, une diffraction de la houle génératrice d'une flèche sableuse en crochet. Non loin de Pornic, le fait s'observe à la jetée de La Bernerie. Nul ne peut ici l'ignorer et deux clichés aériens Heurtier, vendus en cartes postales à Pornic même durant l'été 1970, montrent bien la flèche qui se développe à la pointe de la jetée en question, ses deux crochets formant bourrelets sur l'accumulation sableuse et, par transparence, la courbure du banc encore submergé qui annonce l'extension du crochet sableux (3). L'épi construit à l'extrémité de la jetée n'entrave pas la progression du banc. Par contre, la diffraction de la houle, engendrée par l'ouvrage, et accusée par l'extension de la flèche en crochet, crée des orthogonales

(3) Clichés Heurtier (Rennes), édités en cartes postales en couleurs par la maison Artaud (Nantes) ; série « Gaby ». Le comblement de ce port est en cours (hiver 1970-71) et la flèche sera recouverte par un terre-plein. Mais elle va, inévitablement, se reformer à l'extrémité de ce terre-plein, avec ses conséquences : c'est une loi naturelle.

Légende : 1) Falaise. — 2) Monadnocks Bas-Normanniens. — 3) Estran rocheux. — 4) Sable. — 5) Chenal et « delta » terminal. — 6) Zéro des cartes marines (SHM). — 7) Isobathes de moins 1, moins 2 et moins 3 m. — 8) Flèches sous-marines. — 9) Crochets et engraissement à prévoir. — 10) Allure des ripple-marks par marée de 63 (15 décembre 1969). — 11) « Nouveau port » en cours de réalisation (avril 1971). — 12) Tracé hypothétique des orthogonales de la houle à prévoir devant l'Anse aux Lapins. — 14) Sable vaseux. — 15) Terre-plein et jetée édifiés durant l'hiver et le printemps 1969-70. — 16) Nouvel abri de Gourmalon. — 17) Cales et abris pour plaisanciers.

N.B. — Le tracé des digues du « nouveau port », dont la conception a varié de la maquette présentée à Pornic en 1969 au prospectus publicitaire de 1970, prospectus au dessin imprécis selon des renseignements obtenus sur le chantier, n'est donc qu'approximatif.

perpendiculaires au rivage dans le fond du port de plaisance de La Bernerie. L'érosion marine reprend alors ses droits et l'on voit apparaître, le sable ayant été érodé, les cailloux qui constituent ce que l'on nomme ici des « cartraies ». La figure 9 schématise ces faits. Ce

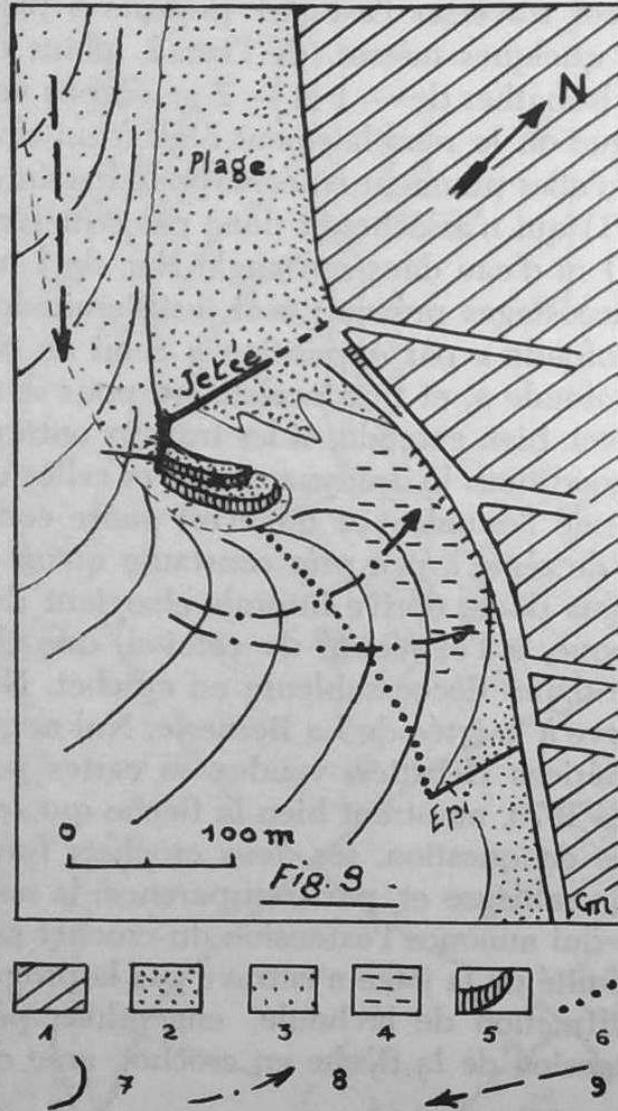


FIG. 9. — Le « crochet » de la jetée de la Bernerie.

Légende : 1) Terre ferme. — 2) Plage. — 3) Sable submergé à la haute mer de morte-eau. — 4) « Cartraie ». — 5) Crochets formant bourrelets. — 6) Haute mer de morte eau. — 7) Direction des crêtes de houle par vents de NW (vents dominants). — 8) Orthogonales de la houle. — 9) Direction de la dérive littorale. — Les barbules marquent la zone du rivage attaquée en raison de la diffraction de la houle.

qui s'est passé à La Bernerie se produira tout autant à l'extrémité de la grande digue occidentale du nouveau port de plaisance de Pornic. Il serait vain de penser que le courant de jusant, s'ajoutant au débit de l'étier de la Haute Perche, accru par l'accumulation des eaux à l'amont de son écluse à marée montante, viendra contrarier le développement des formes d'accumulation. Il est d'expérience courante que le sable s'accumule à l'aval des ouvrages atteints par la marée et que l'envasement progresse ; double preuve que le colmatage de la

ria s'opère à la montée de la marée. Le bilan remblaiement au flot-déblaiement au jusant est positif, le premier facteur l'emportant sur le second. Quant à la déviation des orthogonales, il suffit de regarder la figure 7 pour se rendre compte qu'elle sera sans effet sur l'entrée du nouveau port de plaisance de Pornic ; elle se manifesterait plus loin vers l'amont, contre la digue orientale. Mieux aurait valu ici, en bordure d'une Baie de Bourgneuf où l'accumulation revêt une importance notable, aller chercher des précédents sur les côtes armoricaines plutôt que de s'inspirer de La Napoule, située en lisière de l'Estérel, sur une mer pratiquement sans marées où les fonds sont accusés à proximité même du rivage.

Les photographies aériennes prises par l'I.G.N. en 1967, à une échelle voisine du 1/25 000, font en outre apparaître des flèches sableuses constamment submergées devant l'entrée de la ria de Pornic (fig. 8). Ces flèches tendent à former une barre que sont bien incapables de rompre les maigres chasses engendrées par l'ouverture de l'écluse qui ferme, au fond du port actuel, l'étier de la Haute Perche. Ces accumulations sableuses ne pourront qu'alimenter la sédimentation estuarienne et favoriser la formation d'un crochet qui tendra à obturer l'entrée du nouveau port, puis à ensabler le port lui-même. Des dragages sont prévus pour amener le fond du port à la cote — 3 m SHM, et l'on pense entretenir cette profondeur en les renouvelant tous les deux ans. Souhaitons qu'il en soit ainsi. Mais sur une épaisseur de plus de 20 m, à l'aplomb du talweg, de sédiments meubles, il est à craindre que ce rythme soit trop long. Au reste, tout dépôt inconsistant rejeté dans le centre de la Baie est inévitablement ramené au rivage par le circuit tourbillonnaire que dessinent ici, dans le Nord de l'entonnoir, les courants de marée. Il est d'ailleurs probable que toute entreprise de dragage sera travail de Pénélope qu'il faudra sans cesse recommencer, puisque les recherches géomorphologiques actuellement en cours, accompagnées de mesures néphélométriques dans les étiers, de même que les observations de D. Gouleau (Bibliog. N° 7) montrent déjà que c'est surtout un stock sédimentaire ancien qui est constamment remis en mouvement dans la Baie, stock qui atteint, dans l'entrée de la ria de Pornic, une épaisseur notable. Tout creux artificiel tendra rapidement à se combler. Or, on peut curieusement observer que l'entrée du nouveau port de plaisance, telle qu'elle apparaît sur les plans, se situera là où la ria assèche actuellement à mer basse, même par marée moyenne, ce qui contraint à étendre les dragages au delà du port lui-même. Les études d'ouvrages à la mer faites sur modèles réduits et telles que celles opérées au Laboratoire central d'Hydraulique pour le projet pornicais, si sérieuses soient-elles, ne peuvent tenir un compte exact des apports sédimentaires. Ils constituent, en effet, un paramètre qui n'est pas chiffré, introduisant dans les formules théoriques un coefficient indéterminé, faute de mesures des transports en suspension ou opérés sur le fond ; ces mesures, en

tout état de cause, seraient longues et difficiles puisque l'intensité de ces transports varie avec la force et la direction des vents, les saisons, les années. Mais on peut du moins en avoir une idée par des prélèvements d'eau turbide à des moments et en des lieux bien choisis.

Par ailleurs, les digues du nouveau port rejetteront le chenal vers le Sud de la ria. Par vents de SW, comme par ceux d'W.NW qui sont ici dominants, les orthogonales de la houle se présentent parallèlement à l'axe de la ria. Actuellement, les ripple-marks dessinent, à marée basse, l'orientation des crêtes de houle dans l'estuaire, et nous avons indiqué leur allure générale, par marée de 63, sur la figure N° 8, en face de l'Anse aux Lapins. Le tracé même du chenal actuel fait que l'accumulation est plus forte sur la rive Sud que sur la rive Nord, d'ailleurs moins directement exposée aux vents dominants d'W.NW qui chassent vers la rive gauche les eaux turbides. Les crêtes de houle s'infléchissent vers cette rive Sud, et d'autant plus que le comblement accentue progressivement cette courbure : on sait que les crêtes de houle, quand la profondeur diminue, tendent à épouser la forme des isobathes. La profondeur diminuant du fait du comblement, cette courbe s'accuse en même temps de plus en plus. Il y a là en quelque sorte, un phénomène d'auto-catalyse qui se nourrit lui-même et s'amplifie par sa propre évolution. Il est improbable que la déviation du chenal vers le Sud vienne créer un courant de jusant capable de s'opposer à ces facteurs favorables à l'accumulation. Il est donc à craindre que le comblement de l'estuaire aille, au contraire, en s'accroissant.

Enfin, le « nouveau port » n'est pas la seule des réalisations relatives à l'aménagement de la ria de Pornic. Un abri pour plaisanciers fut achevé au début de l'été 1970 (en A de la fig. 8) à l'Ouest du débouché de la rue du Casino sur la route de corniche de Gourmelon. Bien qu'ayant une ampleur très limitée par rapport à celle du « nouveau port », cette opération mérite cependant examen en raison de ses incidences sur la sédimentation dans l'estuaire. D'observations faites par marées moyennes, il résulte que des langues sableuses s'avancent vers l'axe de la ria en avant du terre-plein nouvellement édifié, ce qui ne fait de l'abri qu'un échouage. Mais par marée de 110 et houle assez forte de NW, le 15 septembre 1970, soit la veille de la grande marée d'équinoxe de 116, les lames passaient cependant par-dessus le mur de la digue, le balayant de bout en bout, et la jetée, recouverte par l'eau, était inaccessible.

Dans quelques années, deux faits se produiront : une flèche en crochet à l'extrémité de l'ouvrage, un envasement du havre à l'amont en même temps qu'un affouillement un peu plus loin. De sorte que la partie voisine de la cale tendra à se combler alors que les profondeurs s'accroîtront en amont, vers l'extrémité orientale du quai ; ce qui sera bénéfique en ce lieu, sans pour autant éviter l'échouage à marée basse, compte tenu de l'environnement naturel et des facteurs évoqués plus haut. La digue provoquera, comme tout ouvrage perpendiculaire à la

falaise bordière de la ria, ainsi qu'on le constate à l'extrémité du quai faisant face au môle de Pornic, une accumulation rapide de sable en aval de l'ouvrage. Déjà (mars 1971) on peut voir s'amorcer le processus. A la montée du flot, un remous, au sens hydrodynamique du terme, se produit à l'extrémité de la nouvelle jetée ; la dénivellation du plan d'eau est de l'ordre d'une dizaine de centimètres au moins et provoque un courant assez vif à la pointe de la jetée ; le sable va s'accumuler à l'aval de celle-ci, dans le secteur qui reçoit les apports du flot ; puis le courant né du remous va l'entraîner jusqu'à sa limite de compétence et de capacité. Une flèche va s'amorcer de la sorte et, progressivement, écarter le courant du remous en s'engraissant. Simultanément, le jusant, qui ne peut ici remettre en mouvement que les sédiments les plus fins, apportera des vases à l'amont, c'est à dire à l'Est de la digue. On voit d'ailleurs déjà, 6 mois après l'achèvement de l'ouvrage, naître ces processus et leurs effets. La zone d'inflexion des crêtes de houle sera reportée vers l'amont, de même que les orthogonales perpendiculaires au rivage ; ce qui accentuera la menace d'érosion sur la plage de l'Anse aux Lapins. On ne peut actuellement prévoir le temps qui sera nécessaire pour que ces processus, déjà décelés par de bons observateurs, deviennent sensibles aux yeux des moins avertis : 5 ans ? 10 ans peut-être ? Il y a là, en tout cas, une évolution à suivre.

Ceci n'est pas grave en soi, encore que ces processus ne puissent qu'accroître, à la longue, la diffraction de la houle provoquée par la jetée elle-même. Résultat, les orthogonales, déjà tournées vers l'Anse aux Lapins comme l'indiquent les ripple-marks (fig. 8) se renforceront et la plage risque de maigrir. Ce qui n'est pas souhaitable dans une station où les grèves sableuses sont rares et exigües. Il est vrai qu'on verra se créer une nouvelle plage à l'aval de la jetée, et que la digue Ouest du nouveau port de plaisance devrait, normalement, provoquer l'extension de la plage de la Noëveillard (Fig. 8). Il y aura compensation, et largement, sur le plan quantitatif ; sinon sur le plan qualitatif, car la jetée de la Noëveillard, haute d'une dizaine de mètres à marée basse, bouchera la vue sur l'estuaire par un véritable « mur de prison ». Et l'on peut se demander surtout si le comblement que nous craignons, de même que l'accentuation des sinuosités du chenal d'accès au port actuel, n'empêcheront pas le passage des bâtiments de haute mer qui, de temps à autre, viennent à quai pour les besoins de la grande minoterie de Pornic. Ce sont toutefois là considérations qui restent en marge de nos recherches, encore qu'elles s'y rattachent d'assez près.

III. — CONCLUSION

Les projets et les réalisations à caractère touristique fleurissent en France, et certains de nos visiteurs étrangers, comme ces géographes allemands qui parcoururent naguère la région pornicaise, s'en éton-

ment en souriant. Ce n'est pas avoir l'esprit chagrin que se demander si l'on ne pense pas moins chez nous aux ports de pêche qui produisent, au sens plein du mot, à longueur d'année, qu'aux charmes et aux profits pour certains de la navigation de plaisance qui reste saisonnière. Là n'est cependant pas notre objet qui se limite à des considérations géomorphologiques. On ne peut, malgré tout, éviter la question de savoir si tous ces projets d'aménagement qui se multiplient de la Provence au Languedoc, des côtes landaises et girondines à celles de la Manche, offriront tous une rentabilité qui les justifiera, même compte tenu de l'essor actuel de la navigation de plaisance.

En nous bornant à notre sujet, on peut conclure d'abord, de cet examen sommaire de quelques réalisations récentes ou en cours dans la ria de Pornic, que la géomorphologie appliquée est trop souvent ignorée des responsables des travaux estuariens en particulier, et des travaux à la mer d'une façon plus générale. Sans vouloir parler de ceux qui s'opèrent en d'autres lieux que sur les rivages. Ensuite, que nos prévisions pessimistes peuvent elles-mêmes pêcher par manque d'information. Mais une mise en garde est moins lourde de conséquences que l'engagement de travaux dont les effets sont irréversibles.

Enfin, qu'on ne saurait envisager l'édification d'ouvrages littoraux sans une étude approfondie des conditions hydrodynamiques locales, sur modèles réduits, certes, mais en connaissant leurs limites d'efficacité, et donc surtout par des recherches en pleine nature, longues, malaisées, coûteuses, mais moins que ne pourraient l'être les répercussions d'entreprises qui n'en auraient pas examiné tous les aspects. Chaque rivage a ses caractères propres, son idiosyncrasie personnelle, qu'il faut connaître pour ne pas les violenter. Les phénomènes naturels font loi, et les travaux d'aménagement doivent s'y soumettre. Vérité d'évidence, malheureusement trop souvent saluée de loin comme une connaissance encombrante.

(Avril 1971.)

RÉSUMÉ

Des travaux destinés à l'aménagement de ports de plaisance sont actuellement (1969-71) en cours d'exécution dans l'estuaire de Pornic (Loire-Atlantique). Le présent article examine les sujétions qu'ils peuvent rencontrer du fait du remblaiement de l'estuaire depuis le Flandrien, et leurs répercussions probables sur la dynamique des eaux et la sédimentation actuelle dans l'estuaire. Il conclut à la nécessité d'études géomorphologiques approfondies, trop souvent négligées, préalablement à toute entreprise de ce genre, notamment sur un littoral où le comblement revêt une intensité notable.

SUMMARY

Works concerned with the construction of marinas are at present (1969-71) in hand in the Pornic estuary (Loire-Atlantique). The present article examines the difficulties they may encounter as a result of the

filling up of the estuary since the Flandrian period and their probable repercussions on the dynamics of the water and the present silting in the estuary. It concludes that extensive geomorphological studies are necessary before any enterprise of this sort is undertaken, studies which are too often neglected and are particularly important on a coast where the silting is unusually heavy.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- 1) DELANOE (Y.), DIEUCHO (A.) et GOULEAU (D.) : Structures et formations sédimentaires de la Baie de Bourgneuf (Loire-Atl.) étudiés par sondages sismique réflexion. (*C. R. Acad. Sc.*, Paris, t. 272, 8 février 1971, pp. 797-799, une carte).
- 2) DURAND (Mlle S.) et KERFOURN (M. Th.) : Etude des sédiments plio-quaternaires du Val de Vilaine aux environs de Redon, I. et V. (*Bull. Soc. géolog. et minéralog. de Bretagne*, Rennes, 1961. — mars 1963 — pp. 103-114).
- 3) GAUTIER (Mlle F.) : *L'attaque et la défense de la côte sur le littoral continental de la Baie de Bourgneuf*. (Mém. de maîtrise de géogr.-géomorphologie-Rennes, 1969, 260 p. dactylographiées, 80 photos, 9 cartes H. T.), (Rennes, biblioth. du Laborat. de géogr.).
- 4) GAUTIER (M.) : Les sablières des environs de Pornic (L. A) et le Pliocène du Pays de Retz. (*Norois*, 1969, N° 62, pp. 155-176).
- 5) GAUTIER (M.) : Projets d'aménagement et protection des sites : le cas de Pornic (L. A.). — (*Penn ar Bed*, Brest, 1969, vol. 7, N° 58, pp. 129-138, et « erratum », N° 59, p. 200).
- 6) GOULEAU (D.) : Sur la morphologie des fosses de la Baie de Bourgneuf et leur remplissage sédimentaire. (*C. R. Acad. Sc.*, Paris, 1968, t. 266, pp. 2143-2146).
- 7) GOULEAU (D.) : *Etude hydrologique et sédimentologique de la Baie de Bourgneuf* (Th. de 3^e cycle, Nantes, géolog. marine, 1969, 193 p. 21 × 27, 4 pl. H. T.).
- 8) KERFOURN (M. Th.) : Analyse pollinique des sédiments flandriens de la vallée de la Vilaine aux environs de Redon, I. et V. (*Bull. Soc. et minéralog. de Bret.*, Rennes, 1962, mai 1965, pp. 147-157).
- 9) MOUNÈS (J.) : *La côte de Retz* (Mémoire de maîtrise de géogr.-géomorphologie, Nantes, 1968, 96 p. dactylographiées — Institut de géogr. Nantes).
- 10) TERS (Mme M.), PLANCHAIS (N.), AZEMA (C.) : L'évolution de la basse vallée de la Loire à l'aval de Nantes de la fin du Würmien et pendant la transgression flandrienne. (*Bull. Assoc. franç. Et. Quaternaire*, vol. 5, pp. 217-246).
- 11) VANNEY (J. R.) : *Le Précontinent du centre du golfe de Gascogne. Recherches géomorphologiques*. (Thèse, Dinard-Laboratoire de géomorphologie de l'Ecole pratique des Hautes Etudes, 1969, gd in 8° ronéoté, 365 p.).
- 12) VERGER (F.) : *Marais et Wadden du littoral français*. (Th. d'Etat, géogr., 1968, gd in 8°, 541 p.).