Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 8 (1955)
Heft: 1

Artikel: Les sables profonds de la Mediterranée
Autor: Bourcart, Jacques
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739833

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

LES SABLES PROFONDS DE LA MEDITERRANÉE

PAR

Jacques BOURCART

Les ouvrages classiques admettent qu'il existe en Méditerranée deux catégories très différentes de sédiments: ceux du Plateau continental, habituellement limités à 200 m, et ceux des profondeurs. Les premiers dépôts, qui correspondent à la zone néritique des géologues, seraient essentiellement des *sables* où la fraction d'origine biologique: débris de coquilles, de bryozoaires, foraminifères, est particulièrement importante; la phase minérale, surtout du quartz, est pourtant toujours présente. La seconde catégorie de sédiments, qui n'est guère connue que par les récoltes des expéditions danoises du « Thor » et du « Dana » et, plus récemment, par celles des expéditions suédoises du «Skagerak» et de l'«Albatross», sont essentiellement des *vases* fines (pélites), calcaires en moyenne à 50%. La poudre calcaire est, en grande partie, formée de débris de coquilles très finement moulues, de fragments de foraminifères et surtout de coccolithophoridées. Des larves de mollusques, des foraminifères planctoniques, des spicules d'éponges, des phyllites et des cendres volcaniques constituent la fraction déterminable. Il n'existe aucune différence tranchée entre les différents types de vase.

Ce tableau appelle quelques corrections. Depuis 1891, Pruvot a montré que, dans le golfe du Lion, une bande de vases côtières, à peu près indistinguable de celles des profondeurs, interrompt la sédimentation sableuse environ entre 40 et 100 mètres. Dans les baies, comme la baie des Anges, où le fond est *concave* jusqu'au littoral, la vase calcaire monte jusqu'à 15 ou 20 m; rien ne permet de la distinguer de celle qui se dépose à 2000 mètres.

Les expéditions suédoises ont signalé, dans les carottes de grandes profondeurs (3000 m environ), l'existence de bandes de sable de grain millimétrique. Des grains isolés de cette dimension peuvent aussi facilement être observés dans toutes les prises de vase. On a discuté sur leur origine: apports éoliens ou par des courants de surface. Mais l'opinion la plus générale est, qu'au large des côtes, la sédimentation est essentiellement planctonique. La chute des particules se ferait à une vitesse inversement proportionnelle à leur rayon.

Aussi les différents ouvrages renferment, depuis Thoulet, des tableaux indiquant la *vitesse de descente* des particules. La rapidité de sédimentation d'une cuvette est le plus souvent basée sur ces chiffres. Ceux-ci reposent sur des expériences qui ont été faites dans des conditions toutes particulières: les particules, mouillées par l'eau de mer, sont très distantes les unes des autres et sans action réciproque; la densité de l'eau est celle de l'eau de mer pure. Il faut aussi remarquer que la plupart des pétrographes supposent, entièrement gratuitement, qu'à partir d'une certaine profondeur, d'ailleurs variable suivant les auteurs, il n'existe plus aucun courant. Il est aujourd'hui presque inutile de souligner qu'une telle affirmation ne peut pas avoir de valeur générale: tout détroit ou tout relief sous-marins renforce le courant au point que, non seulement celui-ci peut empêcher toute sédimentation, déterminer le vannage d'un dépôt, mais même, probablement, éroder des sédiments mous. Il semble qu'il en est de même quand une paroi raide limite vers l'extérieur un courant giratoire, comme c'est le cas du Gulf-Stream au niveau du plateau de Blake.

Depuis quelque temps, les océanographes du Pacifique ont attiré l'attention sur les remaniements qu'ont subis les sédiments profonds: il est possible d'y trouver une collection très variée de foraminifères et de diatomées datant de diverses époques du Tertiaire.

Il convient donc d'examiner les diverses exceptions à la sédimentation verticale:

1° Les plongées nous ont appris que la vase peut se déposer sur des parois verticales, comme celles qui se présentent souvent dans les cañons sous-marins. L'accumulation reste en

équilibre instable. Un choc quelconque, comme celui qui s'est produit lors d'une plongée du bathyscaphe FNRS 3 dans le cañon de Toulon, peut alors les remettre en mouvement. La vase s'éboule d'abord, puis forme un véritable nuage. Les chocs naturels sont bien entendu les secousses sismiques, les tsounamis, les explosions volcaniques, mais aussi probablement la brusque arrivée d'un courant de turbidité canalisé dans ce ravin étroit. L'influence des chocs est d'autant plus grande que la vase est plus « sensible » (Terzaghi), c'est-à-dire que les mailles solides qui la constituent sont plus larges, que sa teneur en eau naturelle est plus grande. L'étude de la baie de Villefranche nous a conduit à la notion simple que la résistance à l'érosion par un courant, d'un sédiment vaseux est en fonction inverse de sa teneur en eau. Tous les modes de remaniement conduisent à une diminution de cette teneur en eau et à la consolidation de la vase. Les phénomènes naturels suivent les mêmes lois que celles que l'on peut déduire d'agitations successives de la vase dans un verre; à chaque période de repos, la teneur en eau de la vase qui a refait prise, augmente et correspond à une augmentation de sa rigidité.

Outre le fait que les glissements sous-marins conduisent à des structures plissées, que Fairbridge a décrit dans des roches anciennes de l'Australie et dont un très bel exemple existe à la Roche-aux-Pigeons à Beyrouth, ils produisent des formes ondulées qui ont été décrites au bas du glacis continental dans les grandes plaines sous-marines par Koczy, grâce à la très grande sensibilité du sondeur de l'« Albatross ».

Tous ces éboulements sous-marins, quelle qu'en soit l'origine, ont certainement pour conséquence la naissance de *courants de turbidité* qui conduisent la vase vers les points bas.

On sait que ces courants, dont l'action est évidemment beaucoup plus importante quand ils ont été canalisés par des cañons sous-marins par exemple, peuvent éroder des sédiments mous. Les expériences de Kuenen sont, à cet égard, démonstratives. Je ne suis pourtant pas les auteurs quand ils attribuent à de tels courants le creusement de cañons dans le granite (Carmel Canyon, Massif sous-marin des Maures) ou même de gorges épigéniques comme celles de Saint-Tropez. Mais il est

certain qu'ils ont la possibilité de remettre en mouvement les vases ultrathixotropiques, comme celles qui forment, en général, la partie supérieure des dépôts méditerranéens [1].

Il existe plusieurs origines possibles aux courants de turbidité, en dehors des éboulements: crues fluviales, ressac des tempêtes, dont je discuterai plus loin les modalités. Quoi qu'il en soit, ces courants peuvent convoyer vers la profondeur d'importantes quantités de sédiments grossiers, sables et même galets. J'en ai donné un exemple, carotté au large de Bougie, par 2800 m. Les sables que Pettersson a recueillis, à des profondeurs analogues au large d'Alger, où la côte est aussi raide sous la mer, doivent avoir la même origine, plutôt qu'un transport par le vent.

Une autre forme de remaniement peut permettre aux courants sous-marins d'éroder les fonds et de déposer des sables. Dans son travail classique sur la rivière Fyris, Hjulström a montré que la résistance d'un sédiment meuble à l'érosion passe par un minimum à 0,1 mm pour croître ensuite en raison inverse de la dimension des grains. Dans plusieurs publications, j'ai montré que ce seuil correspond à l'apparition des propriétés de rigidité lorsque les actions de surface (fonction de $1/r^2$) surpassent celles de la masse (fonction de $1/r^3$). Quand la surface des dépôts est balayée par un courant qui empêche son enfouissement continu, elle devient la proie des animaux fouisseurs et mangeurs de vase. Ceux-ci édifient notamment des sortes de volcans en miniature qui ont été photographiés de nombreuses fois et observés par le bathyscaphe même dans sa plongée record de plus de 4000 m. L'action des mangeurs de vase a comme résultat — on le sait depuis Lister — de transformer la vase en sable: Annélides, mollusques, échinodermes rejettent ainsi des *foecal pellets* de dimension millimétrique [2]. Ces gra-

[1] Lorsqu'on laisse tomber d'une trentaine de mètres le carottier en chute libre, il est presque impossible d'obtenir les premiers 20 cm du dépôt. Des expériences, faites en plongée en baie de Villefranche, ont montré que le résultat était d'autant meilleur, à ce point de vue, que le carottier était plus large et que la durée de chute libre était plus réduite.

[2] Les sables de la mer des Wadden proviennent de la granulation de la vase par les Lamellibranches (*Mytilus* surtout).

nules se consolident en fixant de la glauconie, des oxydes de fer ou de la collophanite. Les courants peuvent facilement les mobiliser, le plus souvent en ripple-marks.

Les carottes méditerranéennes montrent assez souvent des zones sableuses où l'on peut, évidemment, retrouver des minéraux continentaux d'origine éolienne ou volcanique, mais où dominent surtout les foraminifères planctoniques et benthiques, le plus souvent remplis de vase à sulfure de fer. Celle-ci est très souvent oxydée et transformée en glauconie plus ou moins parfaite; parfois, au contraire, en pyrite. Il semble qu'il s'agisse d'une transformation sur place, tout à fait analogue à celle que subissent sur le continent les vases bleues du Pliocène qui, sous l'effet des eaux d'infiltration, se transforment en sables (« faux-Astien » de F. Ottmann). La poudre calcaire, le sulfure de fer, les spicules d'éponges sont dissous par les eaux agressives et se concrétionnent dans des vides.

Des carottes de sable vert typique ont été ainsi recueillies sous la vase aux abords du Massif sous-marin liguro-corse. Certains de ces sables sont entièrement décalcifiés et les moules glauconieux de Foraminifères se sont visiblement agrandis par concrétionnement. Dans beaucoup de carottes où la poudre calcaire n'a pas encore complètement disparu, les moules glauconieux, parfaits ou imparfaits, ont été naturellement dégagés d'une façon plus ou moins complète; ils se sont souvent oxydés en surface.

Il ne nous a pas jusqu'ici été possible de recueillir de véritables grains de glauconie, comme ceux qui sont si fréquents dans les sédiments du Tertiaire ou du Crétacé. Tous ceux qui ont pu être observés jusqu'ici proviennent certainement de l'érosion de formations continentales. Il me paraît évident qu'il faut souvent attribuer ces grains au concrétionnement dans les espaces vides de la glauconie des moules, préalablement peptisée. Je pense, suivant une ancienne idée de Gümbel, que ces vides sont d'anciennes bulles de gaz.

Il semble qu'il en soit de même pour la collophanite qui, sur le Plateau continental de la Meseta marocaine, remplit les foraminifères. Dans les roches anciennes, elle se présente sous forme de grains oolithiques. Visse a montré qu'ils contiennent souvent un radiolaire, dans le cas des phosphates crétacés.

Les sédiments de type vaseux peuvent donc, *in situ*, par dissolution d'une partie de leurs constituants pulvérulents et concentration de ceux-ci dans des bulles de gaz, se transformer en sable.

Les sables sont surtout fréquents sur les pentes du Socle continental ou dans les régions plissées qui en tiennent lieu *(Continental borderland)*. Shepard et ses collaborateurs en ont signalé de très nombreux exemples en Californie. Sur le littoral français de la Méditerranée, ils sont en liaison avec les cañons sous-marins. A l'exception de celui de la Bocca, près de Cannes, et de ceux de la baie des Anges, ces cañons sont obturés, à 90 m environ, par un bouchon sableux. La constitution de ce sable est identique à celle des sables du plateau continental voisin. Shepard remarque que la preuve n'a pas été apportée du transport de ces sédiments par des courants de turbidité. Il est probable que, grâce à une particularité sur laquelle on n'a pas jusqu'ici beaucoup insisté, ils sont transportés essentiellement par des courants hydrauliques:

Les quartz que l'on recueille sur la vase jusqu'à 100 et même 200 m sont, à Nice et Villefranche, entièrement recouverts de diatomées fixées. Il existe en outre une curieuse relation entre l'abondance de ces grains millimétriques et celle, quelle que soit la profondeur, des feuilles et des rhizomes de posidonies ou même des rhizomes d'*Arundo donax* (la canne de Provence). Tout se passe comme si ces grains avaient été flottés. Le Var en crue est visible, par vent d'est, en baie des Anges au moins jusqu'à la Brague, parfois jusqu'au Fort-Carré d'Antibes. Ses eaux sont beiges, la diminution de la tension superficielle empêche le friselis; un liseré d'écume limite le courant superficiel. Les prises d'eau nous y ont donné du sable dont la dimension moyenne de 0,1 mm est celle des grains du sable du littoral niçois ou de l'anse Saint-Roch d'Antibes. Quelques-uns atteignent même 0,5 mm. De pareils grains ont été observés en juin 1954 en baie de Villefranche où les écoulements limoneux dus à une très forte pluie se voyaient au moins dans la moitié de la rade. Ces grains de sable sont associés à d'autres particules, sous forme d'écume ou de flocons (assemblages dont la charge superficielle globale est pratiquement nulle).

Mais il s'agit là d'un phénomène encore relativement exceptionnel. Quand la tempête de vent d'est entre dans la baie de Villefranche, le verdissement de la mer sous l'influence du ressac peut atteindre plusieurs centaines de mètres. Du sable et surtout des micas peuvent y être pêchés au filet à plancton. L'observation immédiate montre que la totalité des grains de sable sont recouverts d'une coque d'air. Celle-ci peut permettre la flottaison du grain soit en surface, soit entre deux eaux, au milieu des feuilles mortes de Posidonies.

Menard a consacré un récent travail[1] à cette flottaison du sable dont les exemples sont fréquents, notamment dans les détroits, comme le chenal de Bas à Roscoff, qui sont parcourus par des courants de marée. Il n'y a aucun doute qu'il ne s'agisse d'un phénomène important le long de toutes les plages où il se produit un violent ressac. Il explique notamment la perte définitive de sable (*dispersion* dans le sens de Rivière) que subissent les plages pendant les mois de mauvais temps.

Sur le littoral de la Côte d'Azur, les courants (de vent ou de dépression) qui ont le littoral *à droite* ont comme effet un transport de l'eau superficielle vers les baies et les anses qui s'ajoute, par mauvais temps, à la surélévation qui y est produite par le tassement des lames. Ce mouvement est compensé par un courant de fond qui a toujours tendance à suivre toutes les dépressions du sol sous-marin, notamment les cañons. Ce courant de fond entraîne beaucoup de sable.

On sait que l'inverse est vrai des courants qui, comme celui qui accompagne le « mistral », ont le littoral *à leur gauche.* Ils produisent un courant de fond qui rentre dans les baies. A Villefranche, ce courant détermine en été une profonde baisse de température. En hiver, il amène dans la rade le plancton bathypélagique qui en a fait la célébrité. Youssouf Halim y a obtenu, dans les pêches planctoniques de surface, des foraminifères arénacés de grande profondeur. Il est très probable que l'action d'entraînement vers le large domine de beaucoup le transport inverse et que ce transport en flottaison est le grand responsable du bouchon des cañons.

[1] Menard, H. W.: T ransportation of sediment by bubbles; Sediment, Petrology, juin 1950, pp, 98-106.

Dans une publication récente, j'ai émis l'hypothèse que les grains de sable ou de sablon recouverts d'air sont responsables des étoilements que l'on observe sur toutes les photographies profondes et que le bathyscaphe a constaté dans le cañon de Toulon. Ainsi peut aussi s'expliquer l'extraordinaire abondance de plancton au niveau du sol sous-marin qui nécessite un ravitaillement en oxygène difficile à concevoir dans une mer stratifiée.

Les sables que rencontrent les géologues au milieu de zones caractérisées par une sédimentation vaseuse (marnes ou schistes) ne témoignent pas toujours de régressions. Ils peuvent être produits:

1° par érosion et triage par les courants sous-marins. Ils sont alors surtout zoogènes;

2° par arénisation pédologique de sédiments vaseux. Des éléments peu solubles, comme en partie les spicules d'éponges, peuvent avoir subsisté au milieu de grains de quartz terrigènes et de glauconie résiduelles. C'est le cas des gaizes;

3° par des courants de turbidité. Ils présentent alors souvent une structure graduée *(graded bedding)* et pas d'entrecroisement;

4° par des courants superficiels ou internes dans lesquels ils flottent grâce à une carapace d'air.

Deux conclusions semblent se dégager de ces observations:

A. L'étude purement granulométrique d'un sédiment ne permet pas, à elle seule, de se renseigner sur son origine. Son étude minéralogique ne peut non plus fournir à coup sûr de renseignements sur son mode de dépôt. Il y a lieu notamment d'insister sur les profondes transformations que subissent les sédiments profonds, non seulement en surface (sables résiduels ou éluviaux), mais même dans leur profondeur, par arénisation et concrétionnement. Une minutieuse étude permet seule de dégager les multiples variations possibles du milieu. Géologues et biologistes marins doivent y concourir.

B. L'étude chimique des eaux d'imprégnation des sédiments, jadis abordée par Thoulet, doit être reprise. Ces eaux doivent

être extraites, *à bord*, par centrifugation rapide de fragments de carottes. Non seulement il convient d'établir leur composition chimique, mais aussi celle des gaz qui y sont dissous.

Les géologues ne doivent pas attendre simplement que les océanographes soient en mesure de résoudre tous les problèmes que pose la lithologie des roches du passé; ils doivent provoquer ces études, grâce à une étude minutieuse de ces roches.

Laboratoire de Géologie marine
de la Sorbone.
1, Rue Victor-Cousin
PARIS Ve