

Problème du Flysch et Géophysique

Autor(en): **Oulianoff, Nicolas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **53 (1960)**

Heft 1

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-162705>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Problème du Flysch et Géophysique *)

par Nicolas Oulianoff, Lausanne

Inutile de présenter ici une démonstration du fait que le terme de Flysch est mauvais, qu'il prête à équivoque. Déjà BOUSSAC (1912, p. 641) s'exprimait ainsi à ce sujet: «Le mot Flysch finit par n'avoir plus aucune signification précise». Les années suivantes n'ont apporté aucun progrès sous ce rapport.

Deux éléments se retrouvent souvent dans cette notion: les conditions stratigraphiques et les autres relatives à la lithologie. Nous laisserons complètement de côté tout ce qui se rapporte à la stratigraphie et limiterons notre sujet au problème concernant les conditions dans lesquelles se réalise le lithofaciès Flysch.

Il faut, bien entendu, commencer par la définition du Flysch au point de vue lithologique. Toutefois, on constate une fois de plus un désaccord entre les auteurs qui ont essayé de formuler brièvement la caractéristique générale du faciès du Flysch. En voici deux exemples, combien frappants:

a) les uns considèrent les grès comme composants *essentiels* du Flysch, les autres trouvent que les grès peuvent faire défaut;

b) de même – pour les calcaires.

J'utiliserai, dans la suite, deux excellentes mises au point sur le Flysch faites par J. TERCIER (1948) et VASSOÏÉVITCH (1947 et 1951).

Voici quels sont, d'après J. TERCIER (1948, p. 168) les caractères les plus évidents du Flysch:

1. «Le Flysch correspond à des dépôts essentiellement détritiques ou terrigènes, très accessoirement organogènes, résultant de *l'alternance* plus ou moins régulière de *grès* et de *schistes micacés*, avec parfois intercalation de conglomérats ou de calcaire».

2. «Formation toujours assez puissante (de plusieurs centaines de mètres et parfois de plusieurs milliers de mètres) à complexes lithologiques le plus souvent mal différenciés.»

3. «Il est constitué exclusivement de sédiments marins, en partie néritique, mais aussi en partie d'origine bathyale.»

4. «Du point de vue paléogéographique on doit le considérer comme un dépôt propre à des bassins accidentés de cordillères abruptes et discontinues.»

Voici encore une description (L. MORET 1947) de l'aspect lithologique du Flysch: «Véritable sédiment de comblement (des grandes fosses géosynclinales), le Flysch prend un caractère hétérogène marqué: les schistes, les grès y alternent avec de puissantes lentilles de conglomérats, et le tout est généralement dépourvu de fossiles. C'est un complexe se répétant indéfiniment et où toute subdivision est impossible.»

Quant au processus de la sédimentation de roches du type Flysch, PH. KUENEN (1957, p. 13) en donne l'image suivante:

*) Communication présentée à la séance scientifique de la Société Géologique Suisse à Lausanne, le 12 septembre 1959.

«Des dépôts sableux et argileux non cimentés s'accumulent au bord de la plateforme continentale et sur les fronts de deltas. Sous l'action de séismes ou parce que la limite d'adhérence de ces dépôts est atteinte, il se produit dans leur masse et contre le talus continental de vastes glissements qui provoquent des courants turbulents brassant une énorme masse de particules sableuses et argileuses. Ces «courants de turbidité», très mobiles, obéissent à la gravité, même alors que l'inclinaison des pentes sous-marines devient très faible.»

Cette image met bien en relief la nécessité du déplacement, du transport des sédiments pour que ces derniers soient brassés. Le facteur permanent évoqué ici est la gravité.

La mention de ce facteur (la gravité) se retrouve souvent chez les auteurs qui discutent le mécanisme de la formation du faciès Flysch. «C'est la pesanteur agissant sur la masse fluente des sédiments qui est le facteur principal d'écoulement» – affirme LOMBARD (1956, p. 325). Il ajoute, avec raison, que «l'écoulement est lent et affecte de vastes surfaces. Les glissements sont accidentels et localisés.» Comme les glissements ne se produisent que sur des pentes suffisamment inclinées, les écoulements ne se déclenchent, non plus, que «lorsque la pente est suffisante pour permettre au matériel de ramper». (LOMBARD, 1956).

De toutes façons, il faut que le fond de la mer soit en pente pour permettre le déplacement du matériel meuble. Mais quel pourrait être le minimum de cette déclivité? En cherchant une réponse à cette question, nous sommes obligés de tenir compte de diverses conditions, dans lesquelles se produit le déplacement du matériel meuble. Rappelons ici les deux plus importantes:

1) Il faut examiner séparément le comportement du matériel argileux. En effet, ce sont les vagues et les marées qui se chargent de laver le matériel terrigène et d'envoyer au large la fraction colloïdale ou semi-colloïdale (toutes sortes d'argiles). Ce matériel en suspension est transporté, et même très loin des rivages de son origine, par les courants marins et précipité à la suite des coagulations successives.

Sur le fond reste la fraction pondérable qui ne peut être transportée vers les abîmes autrement que tout en restant sur le fond, «en rampant» (LOMBARD 1956). Cette fraction, qui comprend parfois des éléments particulièrement grossiers, forme, d'après de nombreux spécialistes du Flysch, la partie essentielle du faciès qui nous occupe ici.

Seulement les eaux turbulentes, les forts, voire même les très forts courants sont capables de maintenir en suspension ou rouler ce matériel pondérable. Dans les eaux plus calmes, il est précipité sans tarder.

2) Pour arriver aux grandes fosses géosynclinales, ce matériel, *granulométriquement hétérogène*, subit nécessairement le transport sur le fond des *mers profondes*. Or, *les courants y sont quasiment inexistantes*, ou du moins marqués par une *extrême lenteur*.

Revenons à la question de la valeur de la pente qui serait capable de permettre au matériel meuble, défini plus haut, de ramper *sous l'effet seul de la pesanteur*.

Ce problème de fluage intéresse non seulement les géologues, mais également les techniciens du sol. On possède toute une collection de chiffres qui expriment, en degrés, la pente minimum qui assurerait le déplacement, sous l'effet de la pesanteur des matériaux de diverses compositions lithologiques et de diverses granulométries,

de même qu'en état variable d'humectation, mais se trouvant toujours sur terre ferme. Il faut recourir aux expériences de laboratoire pour avoir une idée de l'effet de la pesanteur sur *le matériel noyé dans l'eau*. Ce n'est pas la place ici pour exposer en détail les expériences montées dans ce but. Mais voici quelques résultats qui donnent l'ordre des grandeurs. Sur une base plongée dans l'eau et inclinée de 5° par rapport à l'horizon, le matériel à granulométrie de 0,3 mm à 1,5 mm s'étaie, sous l'influence de la pesanteur seule, de façon à former un talus de 24° . Ainsi, pour que le matériel se déplace sur une distance de 10 km, il faudrait que son épaisseur à l'origine atteigne 4 km environ. En triplant l'angle de l'inclinaison de la base, c'est-à-dire en admettant que le fond de la mer ait une inclinaison de 15° environ par rapport à l'horizon, le matériel se déplace sur une distance de 10 km si son épaisseur, à l'origine, atteint 3 km.

La granulométrie plus fine favorise l'étalement du matériel. Ainsi, en prenant le matériel sablonneux très fin (à granulométrie de 0,105–0,3 mm) et encore mélangé avec de l'argile, et en le versant sur une pente inclinée de 11° par rapport à l'horizon, on constate que l'effet de l'écoulement se stabilise avec une surface formant 13° environ avec celle de la pente du dispositif, soit, au total, 24° avec l'horizon. Mais, de toutes façons, il ne faut pas attendre que sous l'effet de la pesanteur seule le matériel meuble s'étaie, sur une pente inclinée sous forme d'une couche ayant partout une épaisseur plus ou moins constante. Ce n'est que grâce à l'augmentation de l'épaisseur du matériel à l'endroit de son origine que l'écoulement de ce dernier arrive à avancer.

Revenons maintenant aux conditions de la plateforme continentale. Si nous admettons, pour la pente de la plate-forme continentale, la valeur de 10° comme suffisante pour le déplacement des sédiments vers la région abyssale, nous verrons que les profondeurs de 1000 m seront atteintes déjà à 6 km du rivage. Or, ce résultat se trouve en contradiction flagrante avec la plupart des mesures bathymétriques le long des côtes continentales. Ainsi, p. ex., le long de la côte du Portugal, où les abîmes de l'océan Atlantique sont très rapprochés du continent, les profondeurs de 1000 m commencent au large de 40–50 km. Ceci correspond (pour la distance de 15 km) à une pente uniforme de $1,20^\circ$ environ. Il est clair que sur une si faible pente la pesanteur seule est incapable de réaliser le déplacement des sédiments. Notons, que le plus souvent la pente de la plate-forme continentale est beaucoup plus petite encore. LOMBARD (1956, p. 325) l'exprime aussi très nettement: «La pente n'est compétente qu'au-dessus d'un certain angle limité». Alors on s'adresse aux courants marins. On lit chez LOMBARD (1956, p. 95):

«Les facteurs du transport sont en premier lieu les courants sous toutes leurs formes et avec leurs diverses origines.» Et plus loin (LOMBARD 1956, p. 388):

«La grosse masse des éléments pondérables du matériel terrigène gagne son lieu de dépôt en suivant les courants marins.»

On voudrait bien admettre que les courants marins seraient vraiment capables d'accomplir le travail que leur confie la phrase citée ci-dessus. Est-ce le cas? Certains courants bien connus, *mais strictement localisés* ne soulèvent aucun doute relatif à leur capacité de moteur. Tels sont par exemple les courants célèbres qui balayent le détroit de l'Europe. Mais en dehors de ces cas exceptionnels, de même que de courants longeant, *par endroits*, le littoral, où, avec la faible profondeur de la

mer, se fait sentir aussi l'influence des vagues et des marées, les courants marins dans la haute mer ne peuvent pas affecter mécaniquement les sédiments. En admettant 0,03 cm/sec pour la vitesse moyenne des courants (H. STOMMEL 1958) dans les profondeurs en dessous de 2000 m, on arrive facilement à constater que la poussée exercée par un tel courant sur un grain de sédiment est 33000 fois inférieur à la pression produite par la pesanteur sur le même grain. Il est donc clair que seules les solutions colloïdales peuvent être véritablement déplacées par des courants si faibles.

En résumé, les vagues, la plupart de courants marins, les glissements du matériel sous l'effet de la pesanteur – toutes ces causes, tous ces moteurs se présentent, après une analyse critique serrée, comme très insuffisants pour accomplir le travail que l'on voudrait leur confier. Alors une nouvelle hypothèse, toute jeune (10 ans environ), a rapidement conquis l'attention de nombreux géologues. J'entends les «courants de turbidité».

La citation du texte de Kuenen (1957), donnée plus haut, définit la nature des «courants de turbidité» et le rôle qu'on leur attribue dans le mécanisme du transport des sédiments du Flysch. Cependant, un élément manque, visiblement, dans ce tableau. On parle de «l'accumulation au bord de la plate-forme continentale». Toutefois, il est permis de se demander: une fois que les sédiments peuvent arriver au bord de la plate-forme continentale, pour quelle raison s'y arrêteraient-ils? Pourquoi ne continueraient-ils pas leur avancement? Surtout sur la pente plus forte qui commence à partir du bord de la plate-forme? Seraient-ils retenus au bord de la plate-forme par une espèce de mur de soutènement?

Au sujet des «courants de turbidité» LOMBARD (1956, p. 58) dit, qu'ils sont «peu connus dans la réalité, mais créés expérimentalement à l'échelle du laboratoire». Du reste, «les tentatives faites pour déclencher des glissements et des courants de turbidité par explosions sous-marines sont restées jusqu'ici sans résultat» (SHEPARD, 1951, p. 60). Cependant, les hypothèses qui avancent l'existence et l'importance des facteurs dont la réalité n'a pas pu être démontrée, servent inévitablement de bases pour des raisonnements à sens invers. C'est ainsi, pour en donner un exemple, que dans l'excellent volume de VASSOÏÉVITCH (1951, p. 158) nous trouvons un raisonnement établissant les vitesses probables des courants d'eau qui existeraient dans un bassin, où s'accumulent les sédiments de Flysch, en se basant sur la grosseur des grains des diverses couches. *L'hypothèse* que ce seraient des *courants d'eau* qui transporterait les sédiments de Flysch est donc acceptée comme une *réalité* déjà indiscutable.

Arrêtons-nous donc là. Les phénomènes de la nature se réalisent, pour la plupart, à la suite de la collaboration très complexe de nombreux facteurs. Je suis loin de nier une certaine participation des vagues, des courants marins et même des «courants de turbidité» dans le processus de la sédimentation.

Cependant, tous ces facteurs sont de nature sporadique ou trop localisés ou trop hypothétiques.

Mais avant de créer par l'imagination les facteurs dont *l'existence* ou *l'importance* réelle dans la nature restent encore à démontrer, il y a lieu d'examiner attentivement les facteurs dont la réalité est tout à fait incontestable. En ce qui concerne les moteurs pour véhiculer les sédiments vers les bassins d'accumulation, la géophysique en offre un à l'attention de la sédimentologie. L'une des caractéristiques

de ce moteur est son universalité. Une autre – le travail sans relâche, sans arrêt. J'entends ici la vibration de la croûte terrestre toute entière, sous l'effet des chocs innombrables et de diverses origines.

On étudie de plus en plus activement, ces dernières années, les vibrations qui actionnent la croûte terrestre.

En ce qui concerne la nature de ces chocs, on ne parlait, il y a quelques dizaines d'années, que des tremblements de terre. Leur fréquence s'exprimait alors par des nombres relativement limités. Leur recensement augmente cependant rapidement d'une année à l'autre, en fonction du perfectionnement des instruments enregistreurs et de l'élargissement du réseau des stations séismographiques. Actuellement, les spécialistes de cette branche de géophysique estiment qu'annuellement plus d'un million de séismes secouent la croûte terrestre, ce qui présente en moyenne à peu près 3000 chocs par jour, dont plusieurs sont de la classe mondiale.

Mais ces dernières années les géophysiciens prêtent de plus en plus leur attention aux nouvelles causes qui mettent en vibration la croûte terrestre, tantôt localement, tantôt à l'échelle régionale. Ce sont des marées, des ouragans, de violentes pluies, des variations de la pression atmosphérique, des changements brusques de température etc.

Pour ne donner qu'un seul exemple des explorations de cette catégorie des vibrations, je citerai ici la construction du grand synchrotron à protons du Centre de Recherche Nucléaire à Genève. La nécessité d'assurer une grande stabilité du terrain sous cet imposant dispositif a obligé de procéder à une étude précise, devenue permanente, pour surveiller les variations possibles du niveau du terrain. On a constaté des dilatations périodiques des couches dues vraisemblablement à l'action des marées de l'Océan Atlantique, de même que des microséismes qui agitent en permanence le sol de Genève (A. DECAE 1959).

Les caractéristiques de toutes ces vibrations, en commençant par les tremblements de terre catastrophiques et en arrivant aux vibrations très fines produites par les changements de température, sont évidemment fort variables (fréquence et amplitude) d'une place à l'autre sur la terre et d'un moment à l'autre. Plusieurs vibrations réagissent sur la croûte terrestre simultanément, il faut aussi tenir compte de leur interférence, de même que de la nature des ondes (transversales ou longitudinales). Certains effets, sur les matériaux meubles, des ondes de ces deux espèces sont diamétralement opposés (OULIANOFF 1958–b).

L'effet des vibrations qui nous intéresse ici en particulier est celui qui influence le transport des sédiments pondérables (blocs, gravier, sable grossier, sable fin ou même extra-fin). Pour que ces sédiments, en partant des rivages continentaux, puissent se déplacer vers les fosses géosynclinales, où ils s'accumuleront en donnant naissance aux roches du faciès Flysch, l'existence d'une pente est évidemment nécessaire. Or, la morphologie océanique n'offre que rarement des pentes de valeur suffisante pour que le déplacement se produise sous l'influence de la pesanteur seule. Ainsi la condition-pente doit être étayée par l'intervention d'un moteur. Nous avons vu à quel point précaires sont les compétences des «moteurs» hypothétiques proposés, dans ce but, par les divers auteurs. Dans tous les cas, le rayon d'action efficace de ces «moteurs» ne peut être que très insuffisant pour servir d'explication au phénomène de caractère universel.

Par contre, si une pente, *même très douce*, est soumise à une *vibration*, d'une amplitude même tout à fait minime, cette dernière réagit contre la pesanteur et libère les grains, à chaque choc, de l'asservissement à l'adhésion au fond marin. Les grains se déplacent alors, par à-coups, sur la pente. Les complications de la morphologie du fond marin peuvent déterminer des accélérations ou des ralentissements ou même des arrêts de déplacements de certaines portions de sédiments, d'où peuvent résulter des variations du faciès des futures roches. Mais ce ne sont là que des détails. Si la pente reste plus ou moins régulière, nos grains arriveront au bord de la plate-forme continentale. S'arrêteront-ils ici? Sûrement pas. Il n'y a aucune raison pour cela. Le bord de la plate-forme représente la rupture de pente. A partir de ce bord, la pente devenant plus forte, le déplacement des particules vers le fond de la fosse subira inévitablement une accélération.

Répetons les caractéristiques de la *vibration de l'écorce terrestre*:

- 1) elle est *universelle*, ne laissant en repos absolu aucune aire de la croûte terrestre;
- 2) elle est *perpétuelle*, ne s'arrêtant jamais, en aucun moment;
- 3) elle a des *causes multiples*. Pour chaque point donné sur la terre ou sur le fond océanique et à chaque moment, la vibration de la croûte terrestre exprime, par son vecteur (direction et amplitude) la résultante des diverses vibrations dont les effets sont superposés. Aussi la distribution des intensités des vibrations sur toute la surface de la terre ne reste pas constante. Le « dosage » de chaque cause qui contribue à la vibration totale est aussi variable. Et ceci pas seulement dans *l'espace*, pour divers points, mais également dans le *temps*, pour un point donné sur la surface du globe terrestre.

Il est évident que l'on n'arrivera jamais à organiser, au laboratoire, des expériences reproduisant toute cette complexité de vibrations qui affectent continuellement la croûte terrestre. Mais nous pouvons examiner les effets partiels sur les diverses espèces de sédiments. Et cela nous aidera à mieux comprendre les voies par lesquelles se réalisent, dans la nature, les divers faciès des roches sédimentaires, y compris celui du Flysch.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUSSAC, J. (1912): *Étude stratigraphique sur le Nummulitique alpin*. Mat. carte géol. France.
- DECAE, A. (1959): *Implantation de l'Eurotron du Cern à Genève*. Boll. Geodes. Sci. affini, 18, 1, 15-30.
- KUENEN, PH. M., FAURE-MURET, A., LANTEAUME, M. & FALLOT, P. (1957): *Observations sur les Flyschs des Alpes Maritimes Françaises et Italiennes*. (Sédimentol., variations de faciès). B.S.G.F. (6) 7, 11-26.
- LOMBARD, AUG. (1956): *Géologie sédimentaire*. Paris, 520 p.
- MORET, L. (1947): *Précis de géologie*. Paris.
- OULIANOFF, N. (1958-a): *Sédimentologie et géophysique*. CR. Ac. Sci. Paris, 247, 313-315.
- (1958-b): *Effet des vibrations expérimentales sur la sédimentation*. CR. Ac. Sci. Paris, 247, 2404-2407.
- (1959): *Gisements d'eau fossile dans la croûte terrestre*. CR. Ac. Sci. Paris, 248, 2782-2784.
- TERCIER, J. (1948): *Le Flysch dans la sédimentation alpine*. Eclog. geol. Helv. 40, 163-198.
- SHEPARD, F. P. (1951): *Transportation of sand into deep water*. Soc. Econ. Paleont. and Min. sp. publ. N 2, 53-65.
- STOMMEL, HENRY (1958): *The abyssal circulation*. «Deep-sea Research» 5, N 1 (may 1958), 80-82.
- VASSOÏÉVITCH, N. B. (1948): *Le Flysch et les méthodes pour l'étudier (en russe)*. Moscou, 216 p.
- (1951): *Les conditions de la formation du Flysch (en russe)*. Moscou, 240 p.