

Les principes de datation géologique en question

Une nouvelle approche : la paléohydraulique

GUY BERTHAULT

Introduction

par A.A.Upinsky, professeur d'épistémologie.

La stratigraphie, base de la datation géologique, a été fondée au xvii^e siècle sur les trois fameux principes posés par Sténon : superposition, continuité, horizontalité originelle. Ces trois principes étant eux-mêmes tirés d'un postulat de sédimentologie : « *les couches du sous-sol sont des strates d'anciens sédiments successifs* ».

La stratigraphie est donc, par construction, tributaire des acquis de la sédimentologie. Autrement dit, une remise en cause des fondements de la sédimentologie constitue nécessairement une remise en question de la stratigraphie. Et, par voie de conséquence, de la datation géologique. Aujourd'hui, c'est ce processus de remise en question qu'ont enclenché les observations et les travaux de sédimentologie réalisés en laboratoire par le sédimentologue et polytechnicien Guy Berthault.

D'observations en observations, d'expériences en expériences, Guy Berthault a constaté puis vérifié que le modèle stratigraphique de Sténon ne répondait pas aux données de l'expérience car il avait « oublié » la variable majeure de la sédimentologie : *le courant avec ses effets chronologiques*. Le processus sédimentologique se décompose, en effet, en trois phases – l'érosion, le transport et le dépôt des sédiments – le courant liquide étant le vecteur du transport. La stratigraphie de Sténon ne prend en compte que la troisième phase de la sédimentologie – le dépôt – en supposant implicitement la vitesse du courant nulle. Guy Berthault, réétudiant analytiquement, en laboratoire, les observations macroscopiques faites sur la baie de Naples par J. Walther à la fin du xix^e siècle, a repris la genèse des sédiments à zéro. Il a procédé en environnement liquide dynamique et non statique. Il a simulé la constitution de couches de sédiments générés à vitesses variables à partir de granulométries différenciées. Le modèle dynamique auquel il est parvenu a généralisé le constat fait par J. Walther sur la baie de Naples. Il réduit la stratigraphie de Sténon au cas particulier de la vitesse de transport nulle dans un milieu dans lequel il n'y a ni courant ni provenance de sédiments explicable, puisqu'il faut bien un courant minimum pour justifier le transport des particules du lieu d'érosion vers le lieu de sédimentation. Guy Berthault réintègre la chronologie des courants dans

le champ des investigations scientifiques indispensables pour modéliser l'ensemble des enchaînements solidaires de la sédimentologie, de la stratigraphie et de la datation géologique. Intégrant les deux termes de la chaîne, il fonde ainsi la paléohydraulique comme nouvelle approche de la datation géologique.

En complément, constatant que la datation ne saurait faire l'économie d'une approche globale interdisciplinaire, l'auteur fait référence, d'une part, à des mesures de datations radiométriques de roches éruptives reconnues aberrantes par rapport aux dates d'éruption. Il en donne la raison. D'autre part, à une récente publication dans le *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle de Paris*, sous le titre « Une cause probable de grands déplacements des pôles terrestres », engendrés par la surrection de l'Himalaya. Si cette hypothèse est vérifiée, elle conduira à un modèle explicatif de grandes transgressions et régressions des océans.

Après les publications et notes de Guy Berthault aux comptes-rendus de l'Académie des sciences, le débat est ouvert. Il est encore difficile de savoir jusqu'où nous conduiront les répercussions, en stratigraphie et en datation géologique, de ses nouvelles découvertes et celles des chercheurs qu'il convie à s'engager dans cette voie prometteuse. Mais un point est acquis : au regard des nouvelles découvertes de la sédimentologie expérimentale de Guy Berthault, le postulat et les principes posés par Sténon au xvii^e siècle n'apparaissent déjà plus que comme des interprétations, à repasser systématiquement au crible des données de l'observation et des résultats de laboratoire.

A l'invitation de Jean Piveteau, président de l'Académie des sciences, et de Georges Millot, président de la Société géologique de France, c'est à une véritable refondation scientifique de la sédimentologie, de la stratigraphie et de la datation géologique que Guy Berthault convie aujourd'hui la communauté scientifique.

Un comité scientifique de coordination est en cours de constitution. Les professionnels, les spécialistes et chercheurs intéressés sont invités à se faire connaître à l'auteur.

C'est au terme de quatre années de recherches et de mes premiers résultats concluants sur la lamination que je reçus un encouragement de Jean Piveteau, président de l'Académie des sciences et paléontologue de renom, qui marqua le tournant dans l'orientation de mes recherches sur les principes fondateurs de la stratigraphie et auquel je tiens à rendre hommage : « *C'est un travail original qui remet en question quelques principes fondamentaux de la stratigraphie : nous vivons en ce domaine sur de vieux concepts ; l'auteur de la note reprend l'examen de la question par la méthode expérimentale, ce qui donne une grande force à ses assertions.* »

L'orientation étant fixée, je reçus l'aide de Georges Millot, membre de l'Institut et président de la Société géologique de France (SGF), me conforta dans l'importance de poursuivre mes investissements lourds en recherches, dans la nécessité de gagner en rigueur et dans l'impératif de communiquer mes résultats à la communauté scientifique pour qu'elle en prenne le relais. En ces termes : « *J'épouse entièrement le fond et travaille les formulations les plus rigoureuses, et les plus lumineuses. Mon*

but est de vous aider à présenter votre remarquable découverte, de telle sorte que le monde géologique s'en saisisse sans hésiter. »

L'état de la question

Le postulat de base

Nicolas Sténon est le fondateur de la stratigraphie. C'est en 1667, dans son ouvrage *Canis Calchariae*, qu'il introduisit son postulat de base : les couches du sous-sol sont des *strates* (Figure 1) d'anciens sédiments successifs. Plus précisément, une strate est une couche de contenu lithologique (par exemple grès, calcaire, argile) homogène ou granoclassé, comprise entre deux surfaces limites des strates superposées adjacentes. Ces surfaces peuvent parfois correspondre à une érosion, à une interruption de sédimentation caractérisée par un joint de stratification, ou à un changement lithologique d'une strate à l'autre. Le granoclassement indique, en général, que les grosses particules sédimentaires sont à la base de la strate et les fines au sommet.

Cette affirmation de Sténon ne reposait que sur un champ d'obser-

vation de la stratification des roches, de la superposition des strates, indépendamment des données de base du processus sédimentologique. Celui-ci se décompose en trois phases : l'érosion, le transport et le dépôt des sédiments, le courant liquide étant le vecteur du transport. La stratigraphie de Sténon ne prend en compte que la troisième phase de la sédimentologie – le dépôt – en supposant implicitement la vitesse du courant nulle.

Les trois principes

De cette interprétation partielle, Nicolas Sténon a tiré les trois principes initiaux de la stratigraphie, qu'il a formulés en 1669 dans son ouvrage *Prodromus*. A savoir :

1. Le principe de superposition : « *Au temps où se formait l'une des strates plus élevées, la strate inférieure [à elle] avait déjà acquis une consistance solide. Au temps où se formait une strate quelconque, la matière surincombante était tout entière fluide, et de ce fait au temps où se formait la strate la plus basse, nulle des strates supérieures n'existait.* »

2. Le principe de continuité : « *Les strates sont redevenables aux sédiments d'un fluide. Au temps où se formait une strate quelconque, ou bien elle était circonscrite sur ses côtés par un autre corps solide, ou bien elle couvrait tout le globe de la Terre. D'où il s'ensuit qu'en quelque lieu que ce soit où l'on observe les côtés nus des strates, il y a lieu, ou bien de rechercher la continuation de ces mêmes strates, ou bien de trouver cet autre corps solide, qui a retenu la matière des strates en l'empêchant de se répandre en coulant.* »

3. Le principe d'horizontalité originelle : « *Au temps où se formait une strate quelconque, sa surface inférieure, comme aussi les surfaces de ses flancs, correspondaient aux surfaces du corps sous-jacent, et des corps latéraux, mais sa surface supérieure était [alors] parallèle à l'horizon, autant qu'il était possible. De ce fait, excepté la plus basse, toutes les strates étaient contenues [entre] deux plans parallèles à l'horizon. D'où il suit que les strates tant perpendiculaires à l'horizon, qu'inclinées sur lui, en un autre temps ont été parallèles à l'horizon.* »

Le modèle

Le modèle sédimentologique correspondant à ces trois principes est

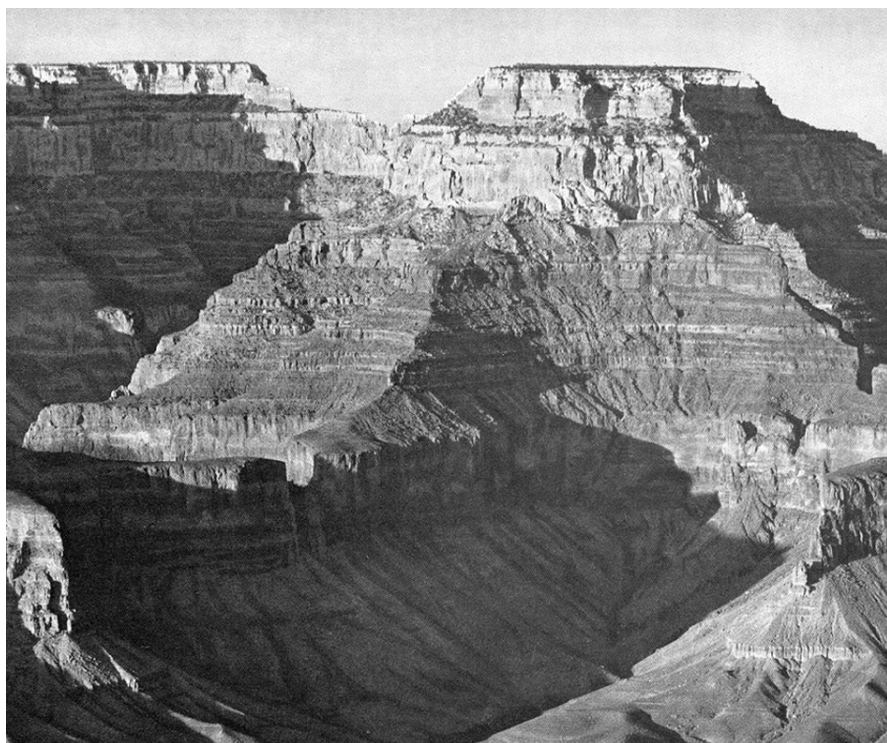


Figure 1. Le Grand Canyon en Arizona du Nord, un exemple de stratification.

donc le suivant. Dans un fluide couvrant tout le globe, excepté les terres émergées, un précipité se dépose strate après strate, couvrant toute étendue immergée. Après chaque dépôt de strate, la sédimentation s'interrompt le temps que la strate acquière une consistance solide. Les strates étant contenues entre deux plans parallèles, le taux de sédimentation du précipité est uniforme sur le globe immergé.

La sédimentologie en discussion

Comment un tel modèle, qui est basé sur un postulat ne prenant en compte qu'un cas particulier de sédimentation – l'absence de courant, qui implique la succession des temps selon la suite verticale des strates à l'échelle du globe de la Terre – ne serait-il pas remis en question, point par point, par les observations expérimentales de la sédimentologie ?

Le principe de superposition

Parlons d'abord de la première partie de l'énoncé du principe de superposition – « *Au temps où se formait l'une des strates plus élevées, la strate inférieure [à elle] avait déjà acquis une consistance solide* ». Une strate est jugée épaisse quand elle ne dépasse pas 1 mètre. Par conséquent, les forages sous-marins devraient rencontrer des strates solides dès les premiers mètres dans les sédiments océaniques stratifiés. Or, selon Guy Pautot et Xavier Le Pichon, dans leur compte-rendu « Résultats scientifique du programme JOIDES » : « *Les premiers sédiments semi-consolidés*

apparaissent vers 300 mètres [de profondeur] [...] [mais] certains lits de chert [lits siliceux] ont été trouvés sous seulement 100 mètres de sédiments. » Donc, l'énoncé de Sténon relatif à la solidification successive des strates, qui rallonge d'autant la durée totale du dépôt, n'est pas confirmé par les observations sédimentologiques précitées.

Le principe de continuité

A-t-on pu jamais vérifier, soit dans les dépôts, soit dans les roches sédimentaires, qu'une même strate couvrit tout le globe ? La réponse est non.

Le principe d'horizontalité originelle

Dans les dépôts océaniques, les strates sont-elles toujours horizontales et le taux de sédimentation est-il uniforme, à l'échelle des océans de la Terre ? Tant les relevés sismiques que les carottages sous-marins démontrent qu'il n'en est rien.

L'action des fluides

Revenons maintenant sur la première partie de l'énoncé du principe de continuité : « *Les strates sont redevables aux sédiments d'un fluide.* » Sténon ne dit rien de l'action de ce fluide sur les sédiments, de sorte que la chronologie relative stratigraphique qui résulte de ses principes (les deux principes postérieurs d'identité paléontologique et d'actualisme n'ayant rien changé à cet égard) n'en a tenu aucun compte. Or il existe des courants dans les océans actuels qui érodent, transportent, déposent des sédiments. Dans les roches sédimentaires, les géologues ont attribué le changement

d'orientation de la stratification et les surfaces d'érosion à des transgressions et régressions marines, qui font de nos jours l'objet d'études de la stratigraphie séquentielle. Toutefois, les diagrammes de la stratigraphie séquentielle n'indiquent pas les vitesses de courant de ces transgressions et régressions, sinon les variations du niveau des océans. Or, ne serait-ce que pour les roches sédimentaires détritiques (résultant de la désagrégation mécanique), il a bien fallu un courant minimum capable de transporter les particules de leur lieu d'érosion à celui de leur sédimentation.

Bilan

Ainsi, de cette comparaison entre le modèle stratigraphique de Sténon et les données de l'observation sédimentologique contemporaine, il ressort que sur bien des points majeurs, le modèle ne correspond pas aux observations. Néanmoins, cela ne me suffisait pas. Le phénomène de la stratification se caractérise notamment par le granoclassement des particules selon leur taille et par les joints de stratification. Ayant été interprété par Sténon comme une succession de couches sédimentaires, il m'apparaissait qu'il pouvait recevoir une autre explication.

Les grandes étapes de la recherche en laboratoire

Pour valider ce constat, j'ai été conduit à concevoir et à mettre en œuvre en laboratoire un programme lourd de recherches, dont deux grandes étapes portent sur les deux axes de recherche suivants : la lamination (Figures 2, 3 et 4) et la stratification (Figures 5, 6 et 7).

1. La lamination

Georges Millot présenta ma note publiée aux comptes-rendus de l'Académie des sciences dont le résumé suivant donne la base de mes recherches sur le dépôt en eau calme et courante de sédiments hétérogranulaires : « *Ces expériences montrent qu'en eau calme, le dépôt en continu d'un sédiment hétérogranulaire, donne naissance à des laminae, donnant l'illusion de lits successifs, mais résultant en fait d'un*



Figure 2.
Echantillon de diatomite laminée.

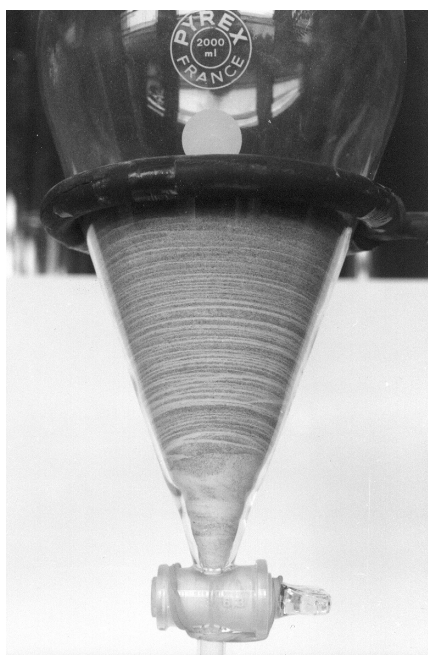


Figure 3. Lamination résultant d'un écoulement à sec.

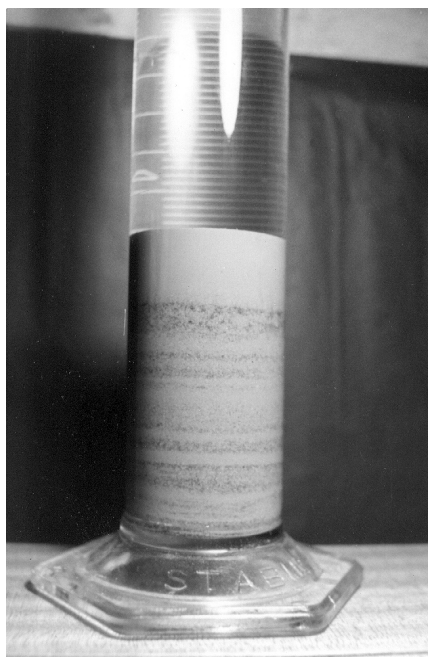


Figure 4. Lamination résultant d'un écoulement dans l'eau.

granoclassement périodique ; leur épaisseur semble indépendante de la vitesse de sédimentation, mais croît avec l'écart des tailles extrêmes des particules sédimentaires. En présence d'un courant d'eau horizontal, on voit des couches fines laminées superposées se développer latéralement dans le sens du courant. » (C.R.A.S. t. 303, Série II, N 17, 1986.)

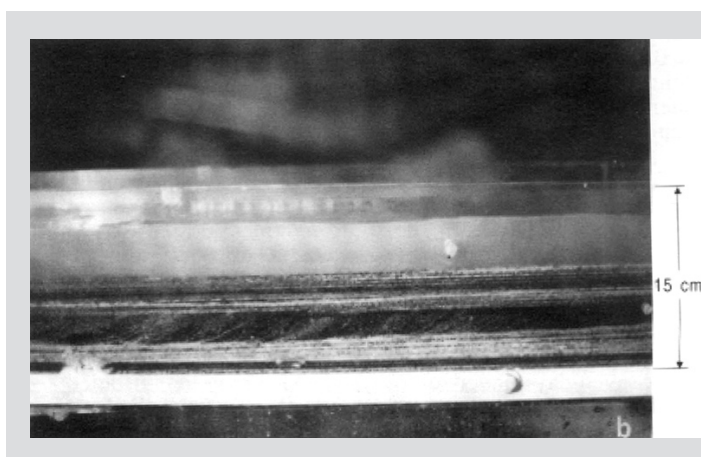


Figure 5. Coupe longitudinale typique du dépôt (écoulement vers la gauche).

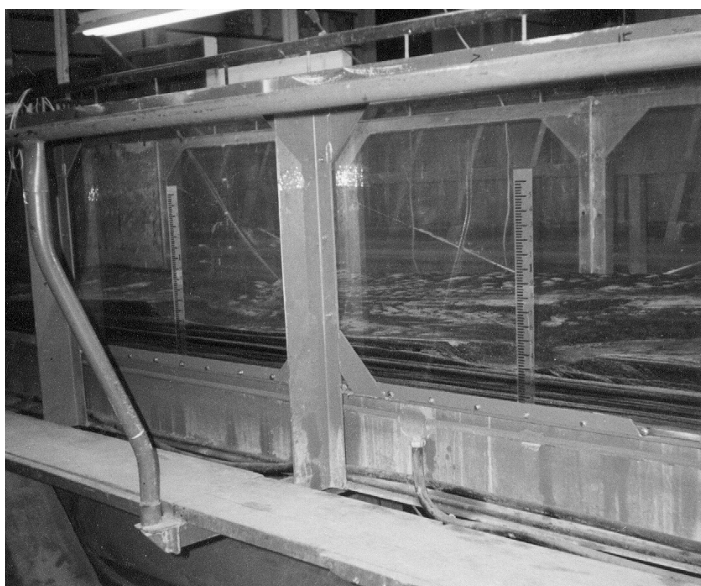


Figure 6. Stratification du dépôt dans un canal recirculant parcouru par un courant à vitesse variable, chargé de sédiments.

Je complétais ces premières expériences sur la lamination par une seconde série, réalisée à l'Institut de mécanique des fluides de Marseille, dont le compte-rendu fut également présenté à l'Académie par Georges Millot sous le titre « Sédimentation d'un mélange hétérogranulaire. Lamination expérimentale en eau calme et en eau courante ». En voici le résumé : « Ces expériences montrent qu'en eau calme, le dépôt en continu d'un sédiment hétérogranulaire, donne naissance à des laminae disparaissant avec l'accroissement de la hauteur de chute des grains dans l'eau, et apparemment de leur taille. La lamination se forme suivant l'inclinaison de la partie supérieure du dépôt. En eau courante, apparaissent dans le dépôt plusieurs types de lamination, voisins les uns des autres, parfois superposés. » (C.R.A.S. Série II, pp. 717-724, 1988.)

2. La stratification

Après mon adhésion à la SGF com-

me sédimentologue, j'estimai nécessaire de passer à des expériences de stratification.

Pour ce faire, il était indispensable d'opérer dans un canal recirculant parcouru par un courant chargé de sédiments dont on ferait varier la vitesse, car Hjulström et ses successeurs ont défini des vitesses critiques de sédimentation pour chaque taille de particule. De la sorte, on pourrait, en modulant la vitesse du courant, réaliser une superposition de dépôts granoclassés.

C'est au laboratoire d'hydraulique de Fort Collins, dépendant de l'université d'Etat du Colorado, que j'ai pu réaliser la plus importante série expérimentale de sédimentologie, avec Pierre Julien, professeur d'hydraulique et de sédimentologie. Nous avons ensemble élaboré notre programme expérimental, réalisé en 1990. Ce programme s'est d'ailleurs poursuivi, notamment par l'étude des vitesses des particules sur sol rugueux, dont le rapport devrait pa-

raître cette année.

Mais Pierre Julien, qui a répété toutes les expériences de lamination, a réalisé une expérience en canal montrant qu'en présence d'un courant à vitesse variable, les lits stratifiés superposés progressent simultanément dans le sens du courant. Ce résultat est, à l'échelle des strates, conforme, à l'échelle des faciès (contenu lithologique d'une roche sédimentaire), à la loi de J. Walther¹, selon laquelle l'extension horizontale des faciès d'une même séquence est la même que la verticale.

Le compte-rendu de l'expérience présenté par Pierre Julien, son collègue Yongqiang Lan et moi-même, a fait l'objet d'une publication au *Bulletin de la SGF* (1993, t.164, n°5, pp. 649-660) sous le titre « Expériences sur la stratification de mélanges sableux hétérogranulaires ». En voici le résumé :

« Les strates dans les roches sédimentaires sont généralement assimilées à des couches sédimentaires successives déposées avec arrêt périodique de la sédimentation. Cette étude expérimentale examine la possibilité de stratification de mélanges de sables hétérogranulaires en sédimentation. Les trois aspects principaux de la stratification sont considérés : lamination, lits stratifiés et joints. (1) Les expériences sur la ségrégation de onze mélanges hétérogranulaires de quartz, calcaires et charbons démontrent que lors du mouvement latéral, les particules fines tombent dans les interstices entre particules grossières en mouvement. Les particules grossières roulent sur les fines et la ségrégation est obtenue à l'échelle microscopique. Cette ségrégation microscopique similaire à la lamination est observée sur des surfaces planes, tout comme en sédimentation continue en colonnes d'air ou d'eau. (2) La formation de lits stratifiés est examinée au laboratoire dans un canal avec écoulement permanent et alimentation continue de particules hétérogranulaires. A partir d'un écoulement permanent et uniforme sur un lit hétérogranulaire plan, les grosses particules du mélange roulent sur la surface d'un dépôt laminé de particules fines. En écoulement permanent non uniforme, la diminution de vitesse d'écoulement provoquée par l'insertion d'un seuil à l'aval du canal induit la formation d'une strate deltaïque de particules grossières en progression vers l'aval.

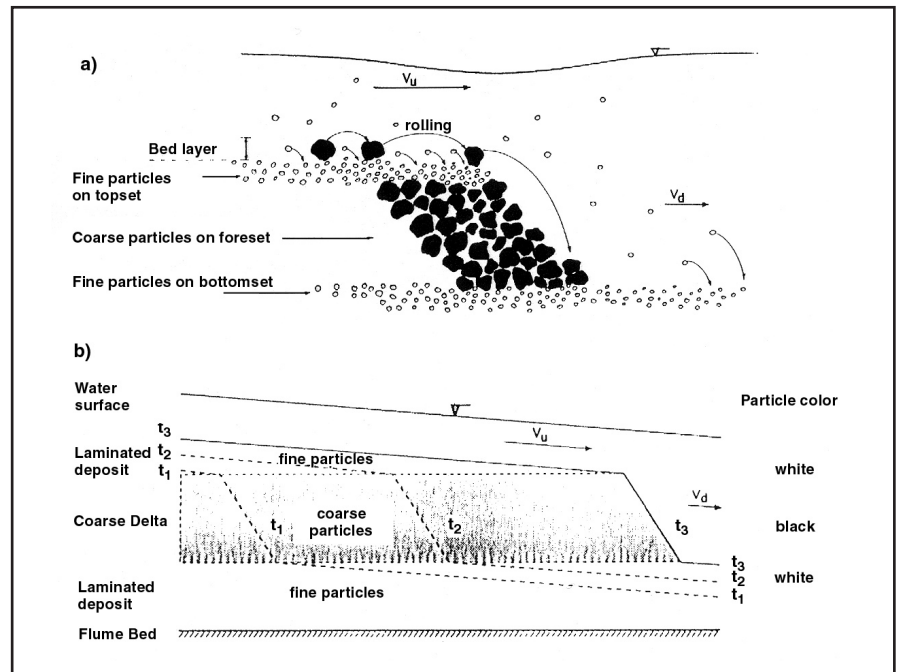


Figure 7. a) Schéma de formation de lits stratifiés. b) Séquence de formation des dépôts pour $t_1 < t_2 < t_3$.

Une strate laminée de particules fines se forme simultanément au-dessus du lit stratifié obliquement. Une strate de particules grossières en progression vers l'aval se forme donc continuellement entre deux strates laminées de particules fines en progression verticale et vers l'aval. (3) Les expériences en laboratoire sur la dessiccation de sables naturels montre des fractures préférentielles ou joints, à l'interface des strates de grosses et de fines particules dans les dépôts séchés à l'air.

« Ces expériences démontrent que la stratification de mélanges sableux sous alimentation continue en sédiments hétérogranulaires résulte : de la ségrégation produisant la lamination,

de l'écoulement non uniforme produisant les lits stratifiés (Figure 8), et de la dessiccation produisant les joints (Figure 9). Les strates superposées ne sont donc pas nécessairement le résultat de couches successives. »

Ces expériences en canal démontrent que le postulat de Sténon (« les strates sont d'anciens sédiments successifs ») et son principe de superposition ne sauraient s'appliquer qu'au seul cas d'absence de courant (vitesse de transport nulle). En outre, aussi bien l'expérience relatée dans ma deuxième note aux C.R.A.S. que celles réalisées par Pierre Julien et présentées dans la cassette *Expériences fondamentales de stratification*² à divers congrès de sédimentologie montrent

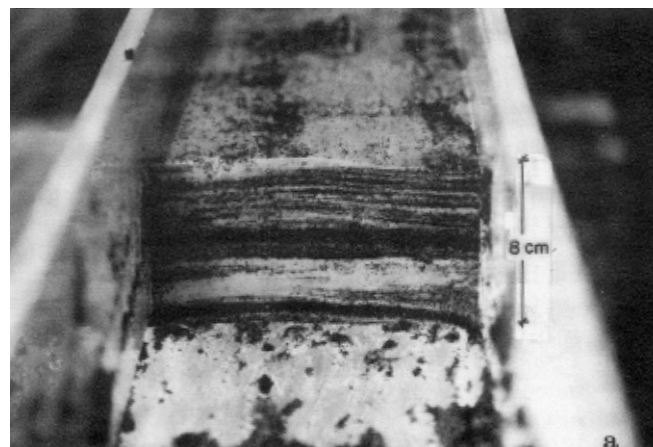


Figure 8. Coupe transversale typique du dépôt.

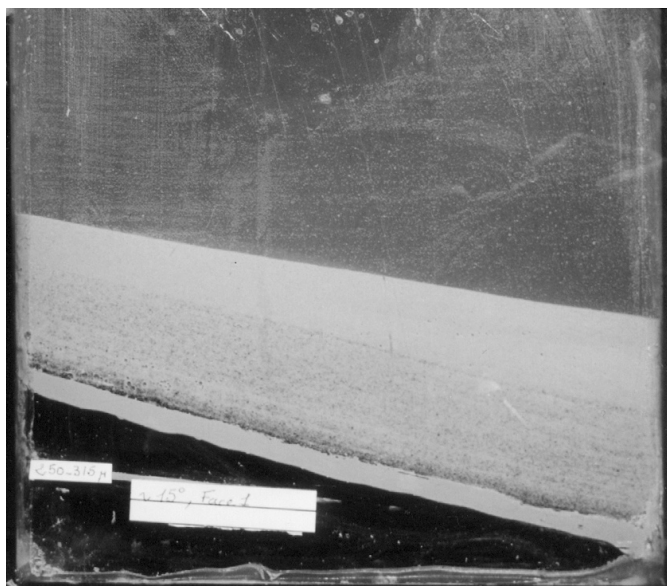


Figure 9.
Stratification
du dépôt,
parallèle à la
pente de 15°.

bien que, dans la limite de l'angle de repos (30 à 40° pour les sables), la lamination du dépôt est parallèle à la pente (**Figure 10**). En ce cas, le principe d'horizontalité originelle n'est pas applicable. Le pendage des strates dans cette limite n'implique donc pas nécessairement des mouvements tectoniques postérieurs à un dépôt horizontal des strates.

Les principes susmentionnés étant mis en défaut au niveau expérimental, il convient donc, en premier lieu, de déterminer les conditions hydrauliques qui ont présidé au dépôt des sédiments devenus roches.

A cet égard, les relations entre les conditions hydrauliques et la configuration (rides, dunes, lits horizontaux) des dépôts contemporains, ont fait l'objet, surtout ces derniers temps, d'observations et d'expérimentations notables. Je cite Rubin³ (**Figure 11**) en milieu marin (baie de San Francisco) et Southard⁴ (expérience en canal). Tandis que Hjulström⁵ et ses successeurs⁶ ont déterminé, pour chaque taille de particule et pour une profondeur donnée, une vitesse limite pour l'érosion et la sédimentation (**Figures 12** et **13**). La vitesse d'érosion minimum des roches approche 9 m/s, ce qui est important.

Ces relations peuvent ainsi être appliquées, notamment aux roches

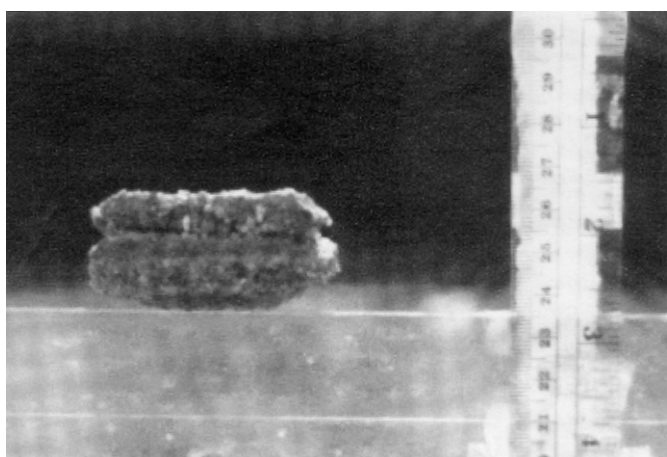


Figure 10.
Fractures
horizontales du
dépôt résultant
de la
dessiccation.

Ces relations peuvent ainsi être appliquées, notamment aux roches

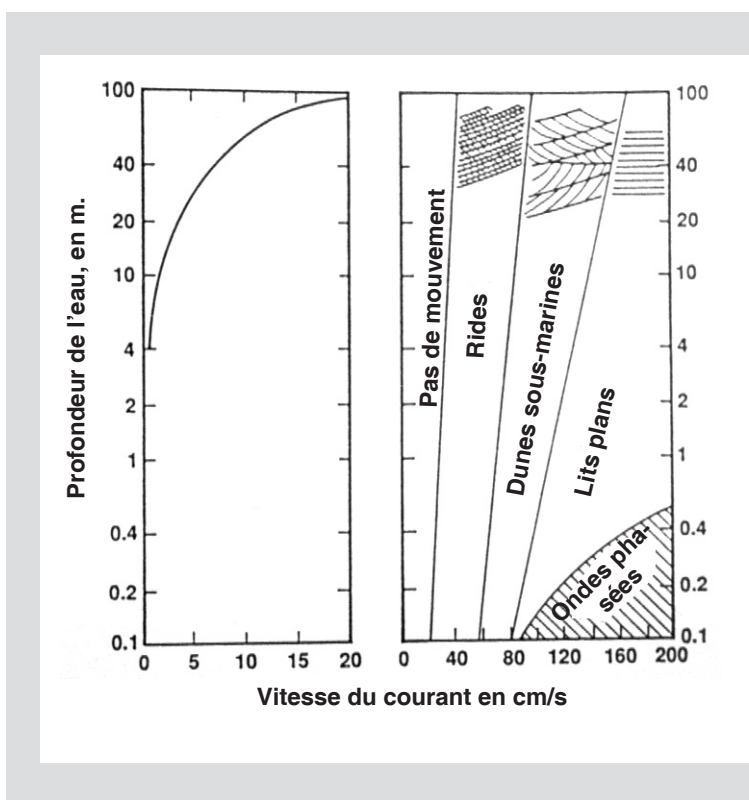


Figure 11. Relations entre les conditions hydrauliques et la configuration des dépôts sédimentaires. Le graphique de gauche indique la hauteur des dunes sous-marines, celui de droite, les diverses configurations des dépôts, en fonction de la profondeur de l'eau (exprimée en échelle logarithmique) et de la vitesse du courant. On utilise l'épaisseur des lits croisés pour estimer la hauteur de la dune sous-marine. Grâce au graphique de gauche, on peut en déduire la profondeur à laquelle cette ondulation s'est formée. Le graphique de droite permet alors d'estimer des vitesses minimale et maximale.

↳ détritiques tels les grès, premier terme d'une séquence marine transgressive résultant du processus érosion-transport-sédimentation, sous l'effet d'un courant puissant, initialement érosif, à faible profondeur. On peut déterminer ce que l'on appelle la compétence, c'est-à-dire les paléovitesse du courant en dessous desquelles les particules de taille donnée se sédimentent, ainsi que la capacité de transport sédimentaire correspondante du courant. Ces deux critères déterminent l'étendue des séquences dans le temps et dans l'espace.

Lorsque la transgression atteint son maximal de profondeur et que corrélativement la vitesse du courant tend vers zéro, les particules les plus fines, transportées initialement par le courant transgressif, se sédimentent à leur tour, à des vitesses de chutes connues, éventuellement par floculation. Il est donc possible non seulement d'apprécier le temps de chute des particules mais, à partir de la capacité, d'évaluer le temps de dépôt sédimentaire. Il ne s'agit, bien entendu, que de données minima qui néanmoins permettent d'accéder à une connaissance de la genèse sédimentaire. Déjà une trentaine de communications figurent sur Internet au mot clé *paleohydraulics*, et deux cents environ au mot clé *paleohydrology* où le mot est mentionné plus de mille fois. J'encourage les paléohydrauliciens à étendre plus avant leurs applications aux roches sédimentaires.

Conclusions

Les principes de datation sur lesquels se fonde l'échelle des temps géologiques sont à remettre en question.

La détermination la plus probable de la genèse des roches sédimentaires résulte, en premier lieu, de la reconnaissance des cycles de séquences transgressives-régressives par la stratigraphie séquentielle. Il convient toutefois de tenir compte des résultats de nos expériences en canal. En présence d'un courant, les strates des séquences ne sont pas successives. Tant le changement d'orientation de la stratification que les surfaces d'érosion entre faciès d'une même séquence, ou entre sé-

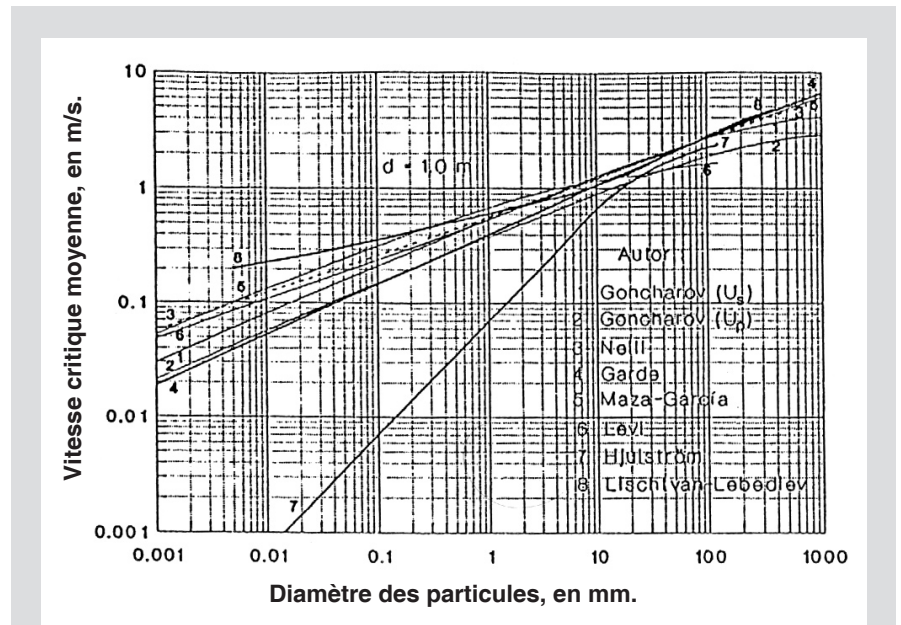


Figure 12. Comparaison des critères de vitesse critique moyenne pour les sols non cohésifs.

Diamètre moyen des particules D_m , en mm.	Profondeur moyenne du courant en m					
	0,40	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0 ou +
0,005	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,45
0,05	0,20	0,30	0,40	0,45	0,55	0,65
0,25	0,35	0,45	0,55	0,60	0,70	0,80
1,0	0,50	0,60	0,70	0,75	0,85	0,95
2,5	0,65	0,75	0,80	0,90	1,00	1,20
5	0,80	0,85	1,00	1,10	1,20	1,50
10	0,90	1,05	1,15	1,30	1,45	1,75
15	1,10	1,20	1,35	1,50	1,65	2,00
25	1,25	1,45	1,65	1,85	2,00	2,30
40	1,50	1,85	2,10	2,30	2,45	2,70
75	2,00	2,40	2,75	3,10	3,30	3,60
100	2,45	2,80	3,20	3,50	3,80	4,20
150	3,00	3,35	3,75	4,10	4,40	4,50
200	3,50	3,80	4,30	4,65	5,00	5,40
300	3,85	4,35	4,70	4,90	5,50	5,90
400		4,75	4,95	5,30	5,60	6,00
500 ou +			5,35	5,50	6,00	6,20

Figure 13. Vitesse maxima permises ou non érosives pour les sols non cohésifs, en m/s (selon Lischtvan-Lebediev).

quences superposées, ne marquent pas forcément l'existence d'un arrêt sédimentaire mais peuvent résulter d'une variation de la vitesse du courant ininterrompu. Les joints de stratification séparant les faciès ou les séquences peuvent résulter

d'une dessiccation après le retrait des eaux. Enfin, les variations du niveau océanique correspondant aux cycles peuvent être beaucoup plus importantes que celles résultant des glaciations et des fontes de glaciers (voir encadré).

En second lieu, les séquences des cycles étant reconnues, il convient de déterminer leurs conditions paléohydrauliques. Conditions minima car il est possible que certains cycles, résultant de surrections montagneuses provoquant un déplacement géographique conséquent des pôles, aient atteint une amplitude sans équivalent de nos jours.

La connaissance des conditions paléohydrauliques devrait permettre de mieux déterminer les zones paléocéologiques (profondeur et lieu)

d'où proviennent les espèces, entraînées, tout comme les sédiments, par les courants. On pourrait alors mieux expliquer l'étagement des zones fossiles dans les sédiments des bassins sédimentaires.

En remettant expérimentalement en question les principes et méthodes sur lesquels sont fondées les datations géologiques, et en proposant une nouvelle approche – la paléohydraulique – je souhaite ouvrir un dialogue avec les spécialistes qui sont à même, dans chaque discipline,

d'en admettre les conséquences et de concevoir une chronologie géologique sur des bases conformes aux données de l'observation expérimentale. ■

Guy Berthault, 28 boulevard Thiers, 78250 Meulan.

Encadré

Hors de la sédimentologie, je voudrais donner deux informations supplémentaires importantes. Christian Marchal⁷, de l'Onera, polytechnicien comme moi, a fait paraître en 1996 dans le *Bulletin du Muséum d'histoire naturelle de Paris* (complété par un erratum publié dans *Geodiversitas* en 1997), une étude intitulée « Une cause probable de grands déplacements des pôles terrestres », montrant que la surrection d'un grand massif montagneux comme l'Himalaya modifie de quelques millièmes les moments d'inertie de la Terre, ce qui suffit à déplacer de quelques dizaines de degrés la position d'équilibre stable des pôles. Cette étude publiée précise qu'il résulte de ces déplacements des pôles, combinés avec la rotation de la Terre, de larges transgressions et régressions des océans ; leur amplitude étant beaucoup plus grande que les variations du niveau des océans dues à la glaciation ou la fonte des glaciers consécutives à des variations cycliques des paramètres orbitaux de la Terre. Cela peut expliquer, en plus des données de la paléohydraulique, l'existence de conditions diluviennes dans le passé géologique, outre celles attribuées à la chute de météorites.

L'autre information se réfère aux datations radiométriques. Brent Dalrymple, grand spécialiste de datations par potassium-argon (K/Ar), a cité l'exemple de plusieurs volcans dont l'éruption est historiquement connue et dont la datation K/Ar diverge complètement.

En 1996, j'ai suggéré à un géologue américain Steve Austin⁸ de dater, par cette méthode, l'éruption du Mont Saint Helens en 1986. Comme il disposait d'un échantillon de dacite provenant du cône d'éruption, il en a décomposé une partie en ses constituants et les a donnés, ainsi que la roche entière, à dater à un laboratoire américain. Les résultats furent les suivants :

dacite	350 000 ans
feldspath	340 000 ans
amphibole	900 000 ans
pyroxène	2 800 000 ans

L'erreur vient de ce que les spécialistes supposent que la lave est entièrement dégazée lors de l'éruption et, en conséquence, que l'argon mesuré provient de la décomposition du potassium depuis la cristallisation de la lave en dacite après l'éruption, ce qui donne pour l'éruption des dates aberrantes. L'âge radioactif déterminé pour la dacite prouve qu'il est bien resté de l'argon dans la lave : la supposition faite est illusoire. Plus étonnants sont les âges différenciés de constituants dont la cristallisation fut pourtant quasi simultanée.

Une autre série expérimentale est en cours, et cela à partir d'échantillons d'une intrusion de lave à la base du Grand Canyon, soumis à toutes les méthodes de datation radiométrique des roches. Les résultats devraient être connus cet été. J'observerai que la radioactivité, étant réputée indépendante de la pression et de la température du milieu, n'est pas affectée par le changement d'état magmas-cristal. La datation radiométrique d'une roche magmatique me semble donc contestable, quelque référence que l'on fasse aux isotopes stables, non affectés par le changement d'état.

Références

1. Walther J., 1893-1894, *Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft*, Jena, Verlag von Gustav Fisher, Sud. 1 055 pages.

2. *Experiments in Stratification*, 1999, nouvelle vidéocassette (en anglais) disponible de APCS (c/o P.Wilders : 42, Bd d'Italie, 98000 Monaco, prix 160 francs, port inclus pour la France).

3. Rubin D. M. and Mc Culloch D.S., 1980, « Single and superposed bedforms : a synthesis of San Francisco Bay and Flume observations », *Journal of Sedimentary Petrology*, 26 : 207-231.

4. Southard J. and Boguchwal J.A., 1990, « Bed configuration in steady unidirectional water flows, part 2, Synthesis of some data », *Journal of Sedimentology Petrology*, 60 (5) : 658-679.

5. Hjulström F., 1935, « The Morphological activity of rivers as illustrated by river Fyris », *Bulletin of the Geological Institute, Uppsala*, 25, chapter 3.

6. Lischtvan-Lebediev, *Gidrologia i Gidraulika v Mostovom Doroshnom, Straitielvie*, Leningrad (1959) ; Gontcharov V. N., *Dynamics of Channel Flow, Israel Program for Scientific Translation* (1964), 185 ; Neill C. R., « Note on Initial Movement of Course Uniform Material », *Journal of Hyd. Research IAHR*, Vol. 6, N°2 (1968) ; Levi, *Bed-Load Transport - Theory and Practice*, Water Resources Publications, Michigan, Etats-Unis (1981) ; Van Rijn L. C., « Sediment transport : Bed-Load Transport Part I », *Journal on Hydraulic Engineering, ASCE*, Vol. 10, N° 11, october 1984, pp. 1431-1456 and « Suspended Load » – idem pp. 1613-1641 ; Garde R.J., « Initiation of Motion on a Hydrodynamically Rough Surface – Critical Velocity Approach », *JIP, India*, Vol. 27, N° 3, Jul. 1970 ; Maza A, J. A., y Garcia Flores M., *Velocidades medias para el inicio del movimiento de particulas*, V Congreso Nacional de Hidraulica, Guadalajara, Mexico, 1977 ; J. Maizels, *Paleoecology and Paleodischarge, determination for course gravel deposits*, 1983, John Wiley & Sons, Ltd.

7. Christian Marchal, « Earth's polar displacements of large amplitude : a possible mechanism », *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle*, Paris, 4ème sér. 18 - 1996 section C. n° 2-3, 517-554, *Geodiversitas* (1997), 19 (1) p. 159

8. Steve Austin, « Excess Argon within Mineral Concentrates from the new dacite lava dome at Mount St Helens Volcano », *CEN Tech. J.*, Vol. 10, N°3, 1996.