

bord, un dépôt supérieur consistant invariablement en une argile bleuâtre commune aux rives du Mississipi; au-dessous, un banc de terre rouge ocreuse, particulière à la Rivière-Rouge, et sous laquelle reparait de nouveau l'argile bleue du Mississipi. La constance de cette disposition prouve, comme ce géographe le remarque, que les eaux du Mississipi et de la Rivière-Rouge ont autrefois successivement occupé des espaces considérables au-dessous du point actuel de leur réunion. De pareilles alternances sont probablement communes dans les espaces sous-marins situés entre deux deltas qui convergent; car avant la réunion des deux fleuves, il doit presque toujours y avoir une certaine période de temps où l'espace qui les sépare est alternativement couvert et abandonné par les eaux de chacun d'eux, la saison des plus hautes eaux de l'un devant rarement correspondre précisément à la même saison de l'autre. Dans le cas, par exemple, de la Rivière-Rouge et du Mississipi, dont les eaux viennent de pays situés sous des latitudes très-différentes, une coïncidence exacte, dans le temps des plus grandes inondations, est tout-à-fait improbable.

Conclusions sur les deltas. Volume des sédiments apportés par les rivières. — On n'a encore fait qu'un petit nombre d'expériences satisfaisantes pour déterminer, avec quelque exactitude, la quantité de matières solides portées annuellement à la mer par quelques-unes des principales rivières du globe. Hartsoeker a trouvé que le Rhin, dans ses crues les plus fortes, tenait en suspension une partie sur cent de matière solide, en volume. D'après quelques observations de sir Georges Haunton, il paraît que l'eau de la rivière Jaune, à la Chine, contient un deux cen-

tième de matières solides; et il a calculé qu'elle en transportait par heure deux millions de pieds cubes ou quarante-huit millions par jour, de sorte que si la mer Jaune n'avait que cent vingt pieds de profondeur, il ne faudrait que soixante jours au fleuve pour convertir un mille carré anglais en terre ferme, et vingt-quatre mille ans pour transformer toute cette mer en terre ferme, en admettant cent vingt-cinq milles carrés pour sa surface. Manfredi, célèbre hydrographe italien, portait à $\frac{1}{175}$ le volume des matières solides portées à la mer par les eaux de tout le globe, et il estimait à mille ans le temps nécessaire pour que ces dépôts élevassent d'un pied le niveau général de la mer. Quelques écrivains, au contraire, comme de Mailler, ont prétendu que les eaux les plus troubles contenaient une proportion de matières solides bien moindre que les estimations précédentes ne le supposaient. Il existe de telles contradictions et de telles incompatibilités dans les faits et les théories jusqu'ici publiées, qu'il faut attendre de nouvelles expériences pour se former une opinion à ce sujet.

Calcul de Rennel sur les sédiments transportés par le Gange. — Un des résultats les plus extraordinaires est fourni par le major Rennel, dans son excellente notice, que nous avons déjà citée, sur le delta du Gange. « Un verre d'eau, dit-il, puisé dans le fleuve pendant ses crues, contient presque un quart de matières solides. Qu'on ne s'étonne donc plus des dépôts rapides des eaux ou des progrès du delta sur la mer. » Le même hydrographe, a calculé avec beaucoup de soin le cube des eaux versées à la mer par le Gange, et il l'a évalué, pour toute l'année, à 180,000 pieds cubes (5,040 mètres cubes) par seconde. Lorsque les eaux sont très-hautes, et la vitesse du courant la plus forte, le produit est de

405,000 pieds cubes (11,490 mètres cubes) par seconde. D'autres écrivains, ayant égard à la violence des pluies des tropiques, et à la finesse des dépôts d'alluvions des plaines du Bengale, expliquent comment les eaux du Gange se trouvent chargées de matières solides, dans une proportion que ne peuvent atteindre les plus grands fleuves de l'Europe dans leurs plus fortes crues.

Nous avons déjà parlé de la destruction de vastes îles par le Gange; le major R. H. Colebroke, dans son voyage du Gange, rapporte des exemples du rapide encombrement de quelques-uns des bras du fleuve, et de la formation de nouvelles branches, où la surface du sol, ainsi remuée en peu de temps, sur une hauteur de cent quatorze pieds (35 mètres), est vraiment étonnante. Quarante mille carrés, ou 2,600 acres, 1,050 hectares furent emportés, dans une seule localité, dans le cours d'un petit nombre d'années. Quoique nous puissions facilement admettre que la quantité des matières solides transportées par les eaux du Gange surpasse la proportion offerte par un fleuve quelconque du nord, nous sommes cependant arrêtés par les résultats auxquels nous arriverions en comparant la proportion assignée par Rennel au volume d'eau dépensé, lequel est probablement très-exact. S'il était vrai que le Gange, dans la saison des crues, contiât un quart de matière solides, il faudrait admettre que ce fleuve, en quatre jours, transporte une masse solide égale au volume d'eau qu'il verse en vingt-quatre heures. Si nous prenons pour pesanteur spécifique des matières transportées, la moitié de celle du granite (résultat inférieur aux faits), le poids de la masse journallement transportée serait environ égal à soixante-quatorze fois celui de la grande pyramide d'Égypte. Et en admettant seulement que les eaux du

Gange ne contiennent qu'un centième de matières solides, ce qui est possible, et ce que l'on assure être la proportion pour les eaux du Rhin, nous arriverions encore à cette conclusion extraordinaire, qu'il arrive chaque jour dans la baie du Bengale une masse supérieure en poids et en volume à la grande pyramide.

Suivant Rennel, le Gange verse, dans la saison des crues, 405,000 pieds cubes (11,490 mètres cubes) par seconde, ce qui donne en nombre rond 100,000 pieds cubes (2,870 mètres cubes) par 1" de matières solides, et multipliant par 86,400", durée d'un jour, 8,640,000,000 pieds cubes (247,968,000 mètres cubes) par jour. En supposant la densité de ces matières moitié de celle du granite, leur poids équivaldra à celui de 4,320,000,000 pieds cubes (123,984,000 mètres cubes) de granite. Maintenant, douze pieds cubes et demi de granite pèse environ une tonne, et l'on a calculé que la grande pyramide, si elle était une masse solide de granite, pèserait 6,000,000 de tonnes. (La tonne angl. = 1,015 kil.) Le courant de lave le plus considérable qui soit sorti de l'Etna, depuis les temps historiques, est celui de 1669. Ferrara calcule que la masse de ce courant s'élevait à cent quarante millions de yards cubes; 106,904,000 mètres cubes; et cependant cette masse n'offrirait pas un quinzième de l'épaisseur des sédiments charriés par le Gange en une seule année, en supposant que ceux-ci ne soient que le centième des eaux du fleuve. Ainsi, en supposant quinze grandes éruptions par siècle, il faudrait cent Etnas pour rejeter à la surface de la terre une masse de lave égale en volume aux sédiments qui, pendant le même temps, descendraient de l'Himalaya dans la baie du Bengale.

D'après le calcul de Ferrara, il sortit de l'Etna, en 1669, environ 140,000,000 de yards cubes, ou, en mul-

tipliant par 27,3,780,000 de pieds cubes. Or, le Gange, en supposant qu'il contienne un centième de matières solides, sur un produit de 180,000 pieds cubes par 1", contiendra 1,800 pieds cubes de sédiments, qui, multipliés par 31,557,000, nombre de secondes d'une année, donnent pour le produit annuel 56,803,680,000 pieds cubes environ, quinze fois la masse de la lave de l'Etna.

On a fait un grand travail pour évaluer la masse des laves de Sicile, de Campanie et d'Auvergne; il est extraordinaire qu'un travail analogue n'ait pas été fait pour les matières transportées par les eaux. Il ne serait pas difficile d'avoir le chiffre approché des sédiments charriés par quelques-uns des grands fleuves, tels que les Amazones, le Mississipi, le Gange et autres, parce que la ténuité des matières transportées aux deltas les fait tenir à peu près uniformément dans les eaux, et que l'époque principale des transports est à peu près limitée à la saison des crues. On a lutté en vain pendant un demi-siècle, contre l'opinion que l'action des eaux courantes, à l'époque actuelle, continuée même indéfiniment, serait tout-à-fait incapable de produire de notables inégalités à la surface de la terre. Que l'on recueille des faits, nous pouvons assurer avec confiance, dit toujours M. Lyell, que le calcul de la masse transportée par les eaux, pendant un nombre donné de siècles, pour un vaste continent, donnera un résultat étonnant pour ceux qui ne se sont pas habitués à l'idée que la nature opère insensiblement ses effets les plus puissans sans bruit et sans désordre: le volume des matières charriées à la mer une fois calculé, quelques géologues pourront admettre que, sauf quelques exceptions, la totalité de ces matières provient des vallées et non des sommets des monta-

gnes; en d'autres termes, que les anciennes vallées ont été creusées, et que les nouvelles se creusent en proportion de l'espace occupé par les nouveaux dépôts, lorsqu'ils sont consolidés.

Les changemens survenus dans les deltas, même depuis les temps historiques, peuvent suggérer d'importantes remarques sur le mode de distribution des dépôts sous les eaux. Malgré les fréquentes exceptions résultant de l'interruption ou de la variété des causes, il y a quelques lois générales d'arrangement qui doivent se développer dans presque tous les lacs ou mers qui se comblent. Si, par exemple, un lac est entouré de deux côtés de montagnes qui lui versent leurs eaux, et s'il est borné du troisième, par où l'excès des eaux s'écoule par un pays comparativement bas, il n'est pas difficile de définir quelques-uns des accidens géologiques qui caractériseront la formation lacustre; lorsque le lac, par les dépôts des eaux, aura été converti en terre ferme, les dépôts se partageront en deux groupes: les plus anciens comprenant les dépôts prenant naissance à la partie voisine des montagnes, où de nombreux deltas se formèrent d'abord, et les plus nouveaux consistant en couches déposées dans la partie la plus centrale du bassin, dans la partie la plus éloignée des montagnes. Les caractères suivans distingueront les dépôts de chaque série.

Les plus anciens seront formés, pour la plupart, de matériaux volumineux, de bancs de sable et de cailloux souvent fort épais, et quelquefois inclinés sous un angle considérable. Pour ces dépôts, ainsi que pour ceux de matières plus légères du même ordre, on trouverait, si l'on faisait le tour du bassin, qu'ils varient beaucoup en couleur, en composition minéralogique, et en épaisseur: les dépôts plus modernes, au contraire,

consisteront en matières très-fines, horizontales, peu inclinées; ils seront de couleur et de composition un peu homogène sur une grande étendue, et différeront de presque tous les dépôts anciens. Nous avons déjà examiné les causes de cette distribution, en parlant de ces sortes de dépôts.

Lorsqu'il y a plusieurs deltas indépendans, leurs dépôts isolés diffèrent entièrement les uns des autres. Nous pouvons supposer un des courans chargé, comme l'Arve lorsqu'il s'unit au Rhône, de sable blanc provenant principalement de la décomposition du granite; un autre noirci, comme beaucoup de courans d'eau du Tyrol, par des débris d'ardoises noires; un troisième coloré par un dépôt ocreux, comme la rivière Rouge en Louisiane; et un quatrième comme l'Elsa en Toscane, tenant en dissolution beaucoup de carbonate de chaux. Chacun de ces cours d'eaux ferait d'abord des dépôts distincts de ces matériaux grossiers; mais après leur union, il résulterait de nouvelles combinaisons et de nouvelles couleurs, et les dépôts transportés à dix ou vingt milles plus loin seraient formés de matières plus fines.

Dans les deltas où les causes sont plus compliquées, où il intervient des marées et des courans, la même théorie, modifiée, est toujours vraie; mais si, comme dans la région où l'Indus se jette dans la mer, des tremblemens de terre accompagnent la formation du delta et changent le niveau du sol, alors les phénomènes s'écartent beaucoup du type ordinaire.

M. Lyell passe ensuite à d'importantes considérations sur la convergence et la réunion des deltas. Si nous possédions, dit-il, une série de cartes exactes de la mer Adriatique remontant à quelques milliers d'années, nous remonterions sans doute à une époque où

le nombre des rivières se rendant directement à la mer par des deltas séparés, était beaucoup plus grand. Les deltas du Pô et de l'Adige, par exemple, seraient encore séparés après l'apparition de l'homme, et très-probablement aussi ceux de l'Isonzo et du Torre. Si, d'un autre côté, nous anticipons sur l'avenir, nous prévoyons l'époque où le nombre des deltas aura considérablement diminué; car le Pô ne peut continuer à accroître son delta d'un mille par siècle, et les autres rivières d'autant en cinq ou six siècles, sans que de nouvelles réunions n'aient lieu, de sorte que l'Eridan, le roi des fleuves, verra continuellement s'accroître le nombre de ses tributaires. Le Gange et le Burrampooter se sont probablement réunis depuis les temps historiques, et, selon toute apparence, on connaîtrait l'époque de la réunion du Mississipi et de la rivière Rouge, si la découverte de l'Amérique était plus ancienne. L'union du Tigre et de l'Euphrate a été sans doute un des phénomènes modernes du globe, et de semblables remarques s'étendraient à beaucoup de pays.

Formation des conglomérats. — Le long de la base des Alpes maritimes, entre Toulon et Gènes, les rivières, à peu d'exceptions près, forment maintenant des dépôts de conglomérats et de sables. Leurs lits ont souvent plusieurs milles de largeur, la plus grande partie est à sec, et le reste guéable pendant près de huit mois de l'année. Mais pendant la fonte des neiges elles se gonflent, et il se fait un grand transport de terre et de cailloux. Pour tenir ouverte la grande route de France en Italie, le long de la côte, il faut enlever tous les ans ce que les eaux y apportent pendant la saison des crues.

Dans quelques localités, comme auprès de Nice, les cailloux forment des bancs près du rivage, mais la plus grande partie est emportée à la mer. On ne s'étonnera pas du peu de progrès que font les deltas sur cette côte, en songeant que la mer présente quelquefois une profondeur de deux mille pieds (610 mètres), à quelques centaines de yards (le yard vaut 0^m 91) du rivage, comme auprès de Nice. On peut faire des observations analogues sur une grande échelle, sur les rivières de la Sicile, et, entre autres, sur celle qui, immédiatement au nord du pont de Messine, porte annuellement à la mer d'énormes masses de cailloux granitiques.

Lorsque les deltas de rivières ayant plusieurs embouchures se recontrent, une réunion partielle a d'abord lieu par une ou plusieurs de leurs branches; mais ce n'est qu'après la réunion des bras principaux au-dessus de l'origine du delta commun, qu'il y a un mélange complet de leurs eaux et de leurs dépôts. Ainsi l'union du Gange et du Burrampooter, du Pô et de l'Adige, est encore incomplète. Si nous songeons à l'étendue de la surface parcourue par des fleuves, tels que ceux du Bengale, et au mélange parfait de la plus grande partie des matières qu'ils transportent, à la grandeur du delta coupé par leurs bras nombreux, nous nous étonnerons moins de l'étendue de quelques anciennes formations de nature minérale homogène; mais notre surprise sera encore diminuée, lorsque nous songerons à l'effet des marées et des courans pour disséminer les matières accumulées dans les divers deltas.

Stratification des deltas.— On sait parfaitement que les matières charriées par les rivières dans les mers ou les lacs ne s'y déposent pas en masse confuse, mais

s'étendent au loin sur le fond. Leur division en bancs distincts peut être conclue par induction dans les cas où l'observation manque.

La disposition horizontale des dépôts observés quand on creuse à la profondeur de vingt ou trente pieds dans les deltas du Gange ou du Mississipi, a été citée par plusieurs écrivains, et l'on sait que la même disposition s'observe dans tous les dépôts modernes des lacs et des golfes. L'intervalle de temps qui sépare chaque année les dépôts pendant la saison des pluies ou la fonte des neiges, établit souvent des divisions naturelles; le dépôt de chaque année acquiert quelque solidité avant la superposition de celui de l'année suivante. Des circonstances diverses font aussi changer chaque année la couleur, la finesse et les autres caractères des matières déposées. Des causes nombreuses donnent lieu à des alternances de dépôts distincts en texture, en composition minéralogique et en débris organiques. Ainsi, par exemple, à une époque de l'année, des bois peuvent être transportés; à une autre époque, seulement des vases, comme dans le cas du Mississipi; ou bien, à une époque, lorsque le volume et la rapidité des eaux sont au plus haut point, des cailloux et du sable sont transportés, et couvrent une surface sur laquelle se déposent, lorsque les eaux sont basses, des matières plus fines ou des précipités chimiques. Pendant les crues, le courant d'eau douce repousse souvent la mer à plusieurs milles, et quand les eaux sont basses, la mer recouvre le même espace. Quand deux deltas convergent, l'espace intermédiaire est souvent, par les raisons déjà exposées, alternativement le réceptacle des dépôts des deux fleuves. L'un peut être chargé de calcaires, l'autre de matières argileuses; l'un transporte du sable et des cailloux, l'autre une vase impal-

pable. Ces différences peuvent se répéter avec beaucoup de régularité, de manière à accumuler des bancs alternans sur des centaines de pieds de hauteur. L'examen des dépôts de marne coquillière qui se forment aujourd'hui dans les lacs d'Ecosse, et les sédimens appelés *warp*, qui se forment par les eaux de l'Humber et autres rivières, montre que les dépôts récents sont souvent formés d'un grand nombre de lits très-minces, plans ou légèrement ondulés et parallèles à la surface de stratification. Quelquefois, cependant, les couches des dépôts modernes sont disposées sous un angle très-notable, ce qui paraît avoir lieu dans les points où il y a des mouvemens contraires dans les eaux.

CHAPITRE DIXIÈME.

DES DÉPÔTS FORMÉS DANS L'INTÉRIEUR DU SOL.

Puisqu'il existe des cours d'eau souterrains, il doit nécessairement se former des dépôts qui occupent aussi des cavités, et on doit le concevoir d'autant plus facilement, que les eaux peuvent non-seulement ronger les parois des cavernes dans lesquelles elles pénètrent, mais qu'elles doivent aussi y conduire une partie des matériaux qu'elles charrient et qu'elles ont arrachés à la surface.

Le dépôt des cavernes est encore facilité par leur structure intérieure. Il est rare que leur sol soit parfaitement plan, il est souvent formé de plusieurs chambres à niveau inégal, dont le fond forme autant de bassins séparés dans lesquels viennent se déposer tous les corps pesans qui sont amenés par l'eau. On a même beaucoup d'exemples de cours d'eau souterrains dans lesquels on a jeté en abondance des corps très-légers, comme des fragmens de bois, de la paille d'avoine et même des êtres vivans, tels que des canards, et qui n'ont jamais laissé échapper la moindre chose à l'issue de la caverne dans laquelle ils s'engouffraient. On sait, d'ailleurs, que des eaux troubles, qui entrent ainsi sous terre pour y parcourir un certain trajet, en ressortent en-