

berge à l'autre par les eaux du fleuve. Si toutes les couches ne se correspondent pas exactement des deux côtés de la vallée, cela tient à leur épaisseur variable qui « peut aller jusqu'à zéro, en sorte que certaines formations manquent tout à fait et permettent ainsi le contact mutuel de couches que normalement elles devraient séparer. »

La Seine ne confine ici que sur une de ses rives à la craie qu'un relèvement considérable fait apparaître. Dans d'autres parties de son cours, au contraire, la craie constitue les deux flancs de la vallée à travers laquelle ses eaux s'écoulent. Quand la craie se présente ainsi, il est évident, par ce qu'on a dit au dernier chapitre, que l'érosion mécanique est puissamment favorisée par une dissolution chimique, le carbonate de chaux étant aisément soluble; mais les silex qu'on rencontre si communément encastrés dans la craie résistent à cette action chimique et même, à un haut degré, à la détérioration mécanique produite par le frottement. Aussi trouve-t-on leurs fragments brisés roulant encore à l'état de gravier caillouteux; chaque grain de ce gravier est, en effet, comme le témoin d'une quantité de craie blanche dissoute depuis longtemps et entraînée par l'eau courante. Dans d'autres parties de son cours, la Seine coule à travers des roches d'un caractère différent qui seront décrites plus tard; mais elles subissent toutes l'action chimique ou mécanique du fleuve, de la manière que nous venons d'expliquer.

Si l'on passe de l'étude de la vallée de la Seine à celle de la surface générale de notre pays, on trouve abondance de preuves établissant l'intervention active de la pluie et des eaux courantes. On a même de bonnes raisons de croire que ces travailleurs presque silencieux ont eu une influence maîtresse dans la détermination de la configuration physique du sol. Ils ont creusé les lits des rivières

et englouti des vallées, laissant des masses de roches qui s'élèvent en collines et en pointes escarpées. Mais en leur faisant honneur d'une telle œuvre, il faut reconnaître qu'ils ont eu l'assistance d'autres forces dont les effets seront décrits dans les chapitres suivants.

Si l'eau courante use et emporte ainsi le sol, d'année en année et de siècle en siècle, qu'advient-il finalement de l'immense quantité de matière ainsi déplacée? On a déjà donné incidemment une réponse partielle à cette question. Les débris les plus lourds sont poussés le long du lit du fleuve et ainsi lentement entraînés vers son embouchure, tandis que les autres matières plus légères, restant en suspension, sont emportées plus rapidement par le courant des eaux. Quand ce courant s'arrête, le sable et la vase tombent au fond, les particules les plus lourdes étant naturellement les premières à se déposer. Dans le système de rivière en miniature qui s'improvise de lui-même dans le banc de vase abandonné par la marée qui se retire, on peut souvent voir un petit courant entrer dans une flaque tranquille d'eau de mer et déposer le sable dont il est chargé, particule par particule, sur le fond de la petite mare. Le même ordre d'opérations se reproduit exactement, sur une échelle bien plus vaste, à l'embouchure de tous les fleuves. Parfois une rivière s'élargit dans son cours en un lac et alors l'analogie du travail qu'elle accomplit avec l'exemple que nous a fourni le bord de la mer est encore plus frappante. En entrant dans le lac, le courant de la rivière est soudainement amorti, et une partie du sédiment tenu en suspension tombe au fond, si bien que quand la rivière sort du lac, ses eaux sont purifiées. L'effet du séjour dans le lac est quelque chose d'analogue à l'effet produit quand on fait reposer dans un verre de l'eau vaseuse; dans les deux cas, la plus grande partie du sédiment se dépose.

Le Léman ou lac de Genève, que traverse le Rhône, offre

un exemple remarquable de cette action clarifiante des lacs sur les eaux des rivières. Le fleuve pénètre dans la partie supérieure du lac à l'état de torrent trouble, chargé des déblais qu'il apporte des Alpes; à l'extrémité inférieure du lac, il s'échappe lavé de toutes ses impuretés. Pendant son passage à travers le lac, la vase qu'il tient en suspension se dépose au fond; il en résulte qu'à l'entrée du fleuve dans le lac, il se forme lentement une terre nouvelle par l'accumulation du sédiment. Port-Vallais, le *Portus Valesiæ* des Romains, qui était jadis situé sur le bord du lac, est maintenant à plus de trois kilomètres dans l'intérieur des terres; le sol intermédiaire s'est formé aux dépens du lac par l'accumulation des sédiments que le fleuve a apportés. Un lac peut de la sorte diminuer de profondeur et de largeur jusqu'à finir par être entièrement comblé; il se forme alors une région marécageuse à travers laquelle la rivière égare son cours vagabond: un tel terrain est ce qu'on appelle généralement un terrain d'alluvion¹.

Il arrive souvent que sans s'écouler dans un lac, une rivière peut se débarrasser d'une grande partie de la matière sédimentaire dont elle est chargée. Quand une rivière reçoit une quantité d'eau extraordinaire à la suite de pluies abondantes ou d'une fonte de neiges soudaine, son courant gonflé déborde au-dessus de ses rives et inonde les terrains voisins. Dans une inondation ou dans une crue, l'eau renferme toujours une masse considérable de déblais; et dans le débordement de la rivière, il s'en dépose une partie sous la forme d'une mince couche de limon répandue également sur tout le sol inondé. Quand le débordement se reproduit de saison en saison, les couches de limon s'accumulant finissent par former une

1. *Alluvion*, du latin *ad* et *luo*, je lave, terrain formé par le lavage ou le courant de l'eau.

région basse d'alluvions sur chaque rive du cours d'eau. La plupart des rivières sont bordées de bandes de riches terrains de prairies qui ont été formés de la sorte. De telles prairies basses, formées d'alluvions, sont communes le long des rives de la Seine et dans la partie inférieure du bassin où le fleuve est très large. Au-dessous de Quillebeuf, par exemple, il y a de grandes étendues de terrains plats et marécageux. Mais l'exemple des inondations du Nil est la meilleure démonstration du dépôt périodique de sédiment que laissent les fleuves débordés. Après la saison pluvieuse dans la partie méridionale du cours du fleuve, il y a une crue soudaine de l'eau, chargée de sédiments, qui se répand au loin sur les deux rives du fleuve dans son cours inférieur, et dépose le riche limon d'alluvions qui constitue l'Égypte.

Lorsqu'un fleuve approche de la mer, la pente de son bassin diminuant d'ordinaire, sa vitesse se ralentit, et il dépose en conséquence plus ou moins des matières qu'il tient en suspension. Si la mer, dans le voisinage de l'embouchure du fleuve, n'est pas très troublée par les courants, s'il s'y trouve une baie bien protégée, par exemple, les sédiments s'accumulent et forment un terrain d'alluvions qui s'étend généralement en éventail. Dans la basse Égypte, le Nil a produit ainsi une immense région d'alluvions que les Grecs avaient nommée le *Delta*, parce que la forme en ressemblait à celle de leur lettre Δ . A 200 kilomètres environ de son embouchure, le Nil se divise en deux canaux principaux, celui de l'ouest, connu sous le nom de branche de Rosette, celui de l'est, dit branche de Damiette, ces deux noms étant empruntés aux deux villes situées à leurs débouchés respectifs. Ces deux branches enferment, avec la Méditerranée au nord, une région triangulaire de terres d'alluvions entrecoupée par un réseau de canaux. Le sommet de ce triangle, formant la tête du delta, est situé à 40 kilomètres environ en

aval du Caire. La figure 38 montre la configuration du Delta du Nil.

Après avoir été originairement appliqué à la terre triangulaire formée par les bouches du Nil, le terme de « delta » est devenu d'un usage général; on l'a étendu depuis à tous les dépôts d'alluvions semblables. On peut appeler *delta lacustre* la terre même dont nous avons décrit la formation dans le lac de Genève par les dépôts

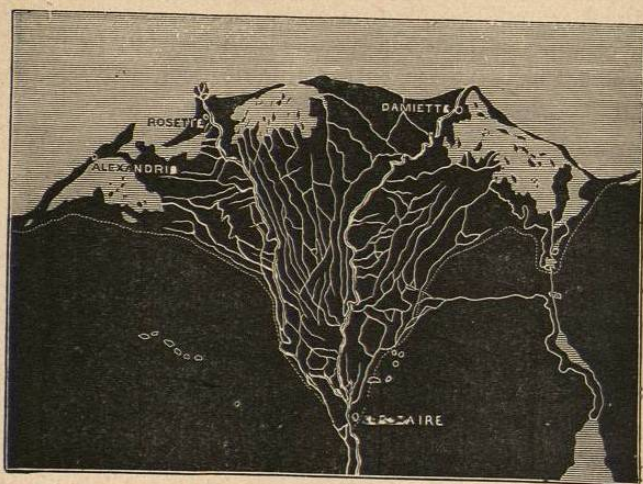


FIG. — 38. — Delta du Nil.

du Rhône. Si les sédiments tombent doucement au fond, sur un lit suffisamment horizontal, ils formeront en s'accumulant des couches presque de niveau reposant régulièrement l'une sur l'autre. Si l'on pouvait faire une section verticale dans le terrain qui compose un delta, la coupe exposerait aux yeux les rebords d'une foule de couches ou assises, dont la plus basse doit nécessairement être la plus ancienne ou la première formée, la plus élevée, la plus récente ou la dernière

formée; les matériaux qui composent le delta sont, en effet, *stratifiés*.

En remontant une rivière de son embouchure à sa source, on trouve généralement qu'elle se ramifie continuellement en cours d'eau de plus en plus petits, d'une manière qui rappelle assez les ramifications d'un arbre, jusqu'à ce qu'enfin elle aille se perdre en une multitude de petits ruisseaux. En descendant une rivière jusqu'à son delta, on trouve de même qu'elle se divise et se subdivise jusqu'à ce que finalement elle se répande en un réseau de canaux et arrive à la mer par un certain nombre d'issues séparées. La disposition des ramifications dans



FIG. 39. — Bassin de réception et delta d'un fleuve.

le delta est donc semblable à celle qui existe dans le bassin de réception, mais symétriquement opposée en direction. Dans le bassin de réception tous les embranchements *convergent* vers la rivière maîtresse; dans le delta, ils *divergent* tous du canal principal. La figure 39 fait ressortir la différence entre le bassin de réception et le delta.

Dans nombre de deltas, la terre d'alluvion est marécageuse, lavée et recouverte par la mer à marée haute; on peut, dans certains cas, suivre jusqu'au-dessous du niveau de la mer les alluvions sous la forme de hauts fonds et de bancs de sable composés des particules les plus légères du déblai qui a été entraîné au delà du delta

véritable. Les grands fleuves de l'Inde, le Gange et le Brahmapoutre, forment ensemble un vaste delta, consistant, pour la majeure part, en une terre marécageuse couverte de palétuviers. Le delta du Mississipi (fig. 40) est une immense région marécageuse, dans le golfe du Mexique, sillonnée de canaux et de lacs nombreux. On



FIG. 40. — Delta du Mississipi.

peut regarder la Hollande comme un ancien delta formé par le Rhin et les autres fleuves qui la traversent. Au nord de la Somme, en France, s'étend une vaste alluvion de 20000 hectares qu'on appelle Marquenterre et dont on veut faire venir le nom de *mare in terrâ*. « Il y a dix siècles, la mer, dans ses marées les plus hautes, y flottait encore autour des îles de craie d'un golfe qui recevait la

Somme et l'Authie; à force de canaux, de digues cimentant les îlots aux îlots, la boue liquide, indécise d'abord entre ses deux éléments, se tassa en sol ferme. » Le Rhône, ce grand créateur, accompli sous nos yeux, à une extrémité opposée de la France, une œuvre d'une bien autre grandeur; ses eaux fécondes ne cessent d'accroître le domaine humain, depuis le Léman qu'elles s'évertuent à combler par un travail séculaire, jusqu'à la Méditerranée, dont elles ont au loin rectifié, empâté le rivage et où elles ont jeté comme une « Hollande méridionale »; devant la grande île de la Camargue la mer recule et cède par an près de 15 mètres à la terre. Une remarque à faire, c'est que tous les grands fleuves de l'Europe méridionale du versant méditerranéen, le Rhône, le Pô, le Danube, sont des fleuves à deltas; ce fait s'explique par l'altitude des montagnes d'où ils descendent et la rapidité de leur pente dans la partie supérieure de leur cours. Quand il n'existe pas de delta véritable, il se forme parfois une barre ou haut-fond qui, jeté en travers du fleuve, y gêne la navigation. L'Adour en France, le Douro en Portugal, le Sénégal en Afrique, offrent des exemples de ce phénomène. Le plus souvent les bancs de sable qui se forment à l'embouchure des fleuves, ceux que l'on trouve par exemple dans les estuaires de la Seine, de la Loire et de la Garonne en France, ne sont pas fixes, mais se déplacent sans cesse, produisant ces divagations du chenal navigable qui trompent le plus habile pilote. Comme il en est ainsi plus ou moins dans toute large embouchure de fleuve, une explication générale peut seule rendre compte d'un phénomène aussi commun. Or il semble établi aujourd'hui que l'origine des bancs de sable et la cause des divagations du chenal navigable d'un fleuve sont dans la divergence des deux courants, celui de flot et celui de jusant, qui ne s'écoulent pas dans un lit commun. « En rétrécissant le fleuve au moyen de digues en

long, on fait coïncider les deux courants ; par conséquent on accroît la profondeur de l'eau¹. » C'est le système qu'on a appliqué avec succès à l'amélioration de la Seine dans sa portion maritime. La basse Seine présente en effet de nombreux hauts-fonds qui gênent singulièrement la navigation et ont arrêté pendant un siècle le développement du port de Rouen. Aujourd'hui, grâce aux digues longitudinales qui resserrent le chenal entre Quillebeuf et la pointe de la Roque, on a obtenu une profondeur uniforme de près de 7 mètres qui permet aux navires marchands d'un fort tonnage de remonter jusqu'à Rouen sans rompre charge. Rouen s'est si bien relevé de son déclin passager que le Havre s'en est alarmé et que les travaux d'endiguement ont été suspendus. Avec raison peut-être : car le rétrécissement du chenal d'un fleuve a pour effet de diminuer le volume d'eau qu'y apporte la marée montante ; et c'est ce volume qui, s'ajoutant à celui des eaux du fleuve quand elles redescendent vers la mer, agit comme une chasse d'eau sur les sables accumulés dans l'estuaire, les entraîne ou les creuse et y maintient ainsi une profondeur à peu près constante. Le prolongement de l'endiguement latéral de la Seine eût donc pu amener la formation dans la baie de la Seine d'atterrissements menaçant le Havre. En Angleterre, les estuaires des fleuves s'ensablent rarement assez pour entraver ainsi la navigation. Cependant, au temps des Romains, l'île de Thanet était séparée de la côte de Kent par un chenal assez large pour recevoir la flotte romaine. Ce chenal est maintenant comblé et la région réputée île est réunie à la terre ferme par une bande de terrain d'alluvion. Mais en général les fleuves de la Grande-Bretagne ne sont pas assez larges pour former des deltas. En outre, dans les fleuves à marées le mouvement régu-

1. H. Blerzy, *Torrents, fleuves et canaux de la France*, p. 103. Paris, Félix Alcan.

lier de va-et-vient de l'eau dans l'estuaire empêche le sédiment de se déposer. L'action du reflux, comme nous l'avons vu, concourt, avec le mouvement rapide du courant de la rivière, pour entraîner les sédiments déposés pendant la marée, alors que les eaux descendantes sont arrêtées. Dans certains estuaires, le courant de marée est tellement chargé de matière limoneuse qu'on l'amène par des moyens artificiels à recouvrir les terres basses pour y déposer une vase très fine. On a employé ce procédé dans l'estuaire de la Seine, et c'est ainsi qu'on a conquis sur le fleuve des alluvions considérables, véritables polders appelés à se transformer en grasses prairies.

Un fleuve soumis pleinement à l'action de la marée, comme l'est la Seine, forme rarement un delta ; et quoique ses rives abondent en dépôts d'alluvions et son cours en hauts-fonds, son embouchure se trouve suffisamment nettoyée pour que le chenal reste ouvert. Mais, bien que la Seine ne forme pas de delta, la quantité de déblais qu'elle ramasse à la surface de son bassin et qu'elle décharge dans la mer n'en est pas moins considérable. La proportion de matière solide tenue en suspension dans l'eau varie beaucoup selon les rivières et, dans la même rivière, selon les saisons. Ainsi Bischof trouva, en étudiant le régime du Rhin, que, quand la rivière était trouble, elle contenait $\frac{1}{4375}$ de son poids de matière solide en suspension ; mais qu'à une autre saison, quand l'eau était claire et bleue, elle en contenait seulement $\frac{1}{57100}$. Le Gange, qui a formé un delta si énorme, tient, dit-on, en suspension une masse de matières ne représentant pas moins de $\frac{1}{570}$ de son poids, année moyenne. Nul fleuve n'a été soumis à des observations plus suivies et plus rigoureuses que le Mississipi, et on a calculé que la proportion moyenne de sédiment dans ce grand fleuve est de $\frac{1}{1500}$ en poids, ou $\frac{1}{2200}$ en volume : en sorte que le poids du limon qu'il entraîne

de nos jours à la mer, dans le cours d'une année, atteint l'énorme total de 368 062 500 000 kilogrammes.

On a estimé que la Tamise décharge annuellement dans la mer 53 312 mètres cubes de sédiment (Geikie). Ajoutez à ce chiffre la quantité de matière minérale charriée en dissolution, dont nous avons parlé dans le précédent chapitre, et vous trouverez que la quantité totale de matière solide entraînée à la mer par la Tamise est réellement énorme. A Kingston, comme nous l'avons constaté à la page 141, on estime la matière transportée en dissolution à 557 000 000 kilogrammes environ par an. Si l'on compte donc 0^{dmc}428 570 par tonne, ce qui est à peu près le poids moyen de la craie, ce poids équivaut à 228 571 mètres cubes. Mais ce calcul n'est vrai de la Tamise qu'à Kingston, et il est certain que la quantité de matière dissoute par le fleuve avant qu'il arrive à la mer est bien supérieure à ce poids et à ce volume. Il est en outre nécessaire d'ajouter à ce total un chiffre considérable pour représenter la quantité de sédiments plus lourds que le fleuve roule le long de son lit. Bref, nous ne nous écarterons guère de la réalité en disant que la Tamise charrie par an à la mer 400 000 mètres cubes environ de matière solide.

Imaginez une masse énorme de pierre en forme de dé, mesurant 30 mètres de longueur, 30 mètres de largeur et 30 mètres de hauteur : cette masse contiendrait 27 000 mètres cubes environ. L'eau courante, dans le cours d'une seule année, dérobe silencieusement à la surface du bassin de la Tamise 15 de ces cubes gigantesques. Mais le bassin de la Tamise couvre une très vaste superficie et on trouvera, par le calcul, qu'en admettant l'enlèvement de cette masse immense, le niveau de la surface entière du bassin ne serait réduit que de $\frac{1}{51}$ de millimètre par an. Au taux actuel de détérioration et d'usure, l'œuvre de la dénudation ne peut donc

guère avoir abaissé la surface du bassin de la Tamise de plus de 25 millimètres depuis la conquête normande ; et il faudra plus d'un million d'années avant que le bassin tout entier de la Tamise soit usé par les eaux jusqu'au niveau de la mer. C'est M. A. Tylor qui imagina le premier ce procédé de démonstration et d'appréciation de l'œuvre qu'accomplissent la pluie et les rivières en rongant et en entraînant le sol ; employée depuis par d'autres géologues, elle a donné des résultats intéressants. Ainsi, M. le professeur Geikie a calculé¹ que, d'après l'activité actuelle de la dénudation, il faudrait près de 5 millions $\frac{1}{2}$ d'années pour faire des Iles Britanniques une plaine ramenée au niveau de la mer. Mais on doit se rappeler que ces calculs sont des plus délicats et qu'on n'en peut proposer les résultats que comme des approximations plus ou moins lointaines. Ils n'en sont pas moins précieux en ce qu'ils nous mettent à même de nous former une idée de l'œuvre immense de détérioration dont la pluie et les rivières sont les agents.

¹ *On Modern Denudation*, par Archibald Geikie dans les *Transactions of the Geological Society of Glasgow*, vol. III, p. 153.