

trompe ainsi l'observation, la Seine, comme les autres fleuves, charrie une immense quantité d'autres matières solides à l'état de suspension mécanique, par conséquent aisément perceptibles à l'œil. Ce transport mécanique de matière solide de la terre à la mer forme le sujet du chapitre suivant.

CHAPITRE IX

L'ŒUVRE DE LA PLUIE ET DES RIVIÈRES

Prenez quelques litres de l'eau de la Seine à Paris et laissez-la reposer tranquillement dans un vase bien propre. Si vous la regardez après qu'elle a reposé plusieurs heures, vous trouverez que l'eau est beaucoup plus claire et qu'une quantité de matière limoneuse s'est déposée au fond du vase, cette quantité étant plus ou moins grande selon la condition du fleuve au moment de l'examen. Ce limon était précédemment tenu en suspension dans l'eau et était la cause principale de son état trouble; aussi, à peine les particules vaseuses sont-elles précipitées que l'eau devient plus claire. Tant que l'eau était dans le fleuve, les minces particules solides étaient maintenues dans une incessante agitation par le courant du flot, et le dépôt en était ainsi prévenu. Plus le courant est rapide, plus grand est le pouvoir qu'il a d'entraîner ces matières en suspension, mais à mesure que le fleuve approche de son embouchure, le flot se ralentit et le sédiment tombe au fond. Aussi, dans la partie inférieure du cours de la Seine, surtout dans les coudes du fleuve, y a-t-il de larges bancs de vase; et cette vase est régulièrement draguée et enlevée pour prévenir la formation d'une barre. Les particules de vase

qui sont très légères peuvent se maintenir en suspension dans l'eau jusqu'à ce que le fleuve les entraîne directement à la mer; mais il arrive finalement un moment où celles même qui se sont ainsi maintenues doivent se déposer doucement sur le fond de la mer. Si on fait dessécher, en l'exposant à l'air, un peu du sédiment vaseux déposé par l'eau, on trouve qu'il forme en durcissant une substance ressemblant à l'*argile*. L'*argile* n'est en effet qu'un limon de ce genre durci et peut-être différemment altéré.

Il suffit d'un peu de réflexion pour se convaincre que les minces particules de matière solide qui forment la vase sont produites par la détérioration mécanique de la terre. Après une averse abondante, vous observez dans la rue des petits courants bourbeux qui coulent le long des ruisseaux et chacun sait que la matière vaseuse qui trouble ces courants est simplement la fange dont la pluie nettoie les toits des maisons et les pavés de la rue. De même, chaque averse qui tombe en rase campagne enlève quelque chose à la surface de la terre qu'elle lave. Ce transport de matière s'appelle *dénudation* parce que les roches sont mises à nu, étant ainsi dépouillées de leur enveloppe superficielle. On nomme *dénudation pluviale* la dénudation particulière dont la pluie est l'agent. Une averse abondante tombant sur un champ enlève quelques parties du sol et les entraîne par des ruisselets fangeux au courant d'eau le plus voisin, d'où elles sont charriées à la rivière. Dans les endroits où la pluie s'abat en déluge, comme il arrive souvent aux tropiques, son pouvoir comme agent de dénudation est presque incroyable, et même en France, surtout dans les régions montagneuses, nous apprenons parfois que des torrents de pluie ont déraciné des rochers et tout balayé devant eux. M. A. Tylor et quelques autres géologues ont prétendu que la chute de pluie était jadis

supérieure à ce qu'elle est maintenant; cela admis, il s'ensuivrait que l'œuvre de la pluie en tant qu'elle contribue à détruire la terre dut être jadis bien plus considérable que celle dont nous sommes témoins maintenant.

Ces débris enlevés à la terre et entraînés par les rivières dans leur cours contiennent des matériaux de toutes dimensions. Il arrive souvent que des fragments de roc, parfois de proportions considérables, sont descellés de hauteurs dominant une rivière par l'action de la pluie et de la gelée, et s'écroulent dans le courant. Là ils s'usent lentement par un frottement incessant et peuvent finalement se polir en forme de cailloux ronds et lisses. Dans le bassin de la Seine, il arrive fréquemment que les silex si durs provenant de la craie sont brisés et roulés dans l'eau; c'est de la sorte que se forme le gravier. Le gravier qu'on répand sur nos routes et sur les allées de nos jardins consiste principalement en petits fragments de silex qui ont été si bien roulés par les eaux que toutes les pointes aiguës des cassures des pierres ont été arrondies. Mais tout le gravier n'a pas été soumis à un traitement aussi rude; aussi, tandis que les cailloux sont dans certains cas bien arrondis, dans d'autres ils conservent plus ou moins leur aspect angulaire, quoique les extrémités ne soient jamais tout à fait effilées. Les petites pierres formées des fragments de roche, tout en se choquant avec bruit sur le lit du fleuve, sont roulées jusqu'à ce qu'elles soient réduites aux dimensions de ces minces grains arrondis connus sous le nom de *sable*. En général, le gravier et le sable sont surtout formés de la substance qu'on appelle *silice*, c'est-à-dire de la matière qui constitue les silex ou cailloux et qui est chimiquement la même que la matière du cristal de roche pur. Le gravier et les sédiments les plus lourds sont charriés le long du lit de la

rivière par le mouvement du courant, tandis que le sable plus fin peut être entraîné en suspension, mais pas aussi loin que les particules plus légères de la vase. Les fragments les plus pesants tombent naturellement dès l'abord au fond, en sorte que si l'on jette dans l'eau un mélange de gravier, de sable et de vase, on voit le gravier tomber le premier, puis le sable se précipite et la vase se dépose en dernier lieu.

Une rivière dont le lit possède une forte déclivité est généralement un véhicule d'une grande puissance. Les torrents des montagnes, par exemple, se précipitent le long des pentes abruptes, et non seulement ils charrient d'énormes quantités de gravier, de sable et de limon, mais souvent même ils entraînent des pierres d'un poids considérable. Pendant leurs débordements, les rivières ordinaires acquièrent également une grande puissance mécanique. C'est ainsi que nous lisons les récits d'inondations emportant les ponts, descellant les roches des rives d'un fleuve, et entraînant des pierres d'un poids de plusieurs tonnes. M. T. D. Lauder, en décrivant les grandes inondations qui dévastèrent le Morayshire en août 1829, mentionne la destruction d'un grand nombre de fermes et de hameaux, et rapporte qu'il n'y eut pas moins de 38 ponts emportés par les rivières débordées. Une masse énorme de grès, mesurant 4^m,20 de longueur, 0^m,90 de largeur et 0^m,30 d'épaisseur, fut entraînée sur un parcours de 200 mètres par le courant gonflé de la Nairn.

En estimant la puissance de transport de l'eau courante, il faut se rappeler que le poids d'une pierre est considérablement moindre dans l'eau que dans l'atmosphère. Quand un corps est plongé dans l'eau, il semble perdre une certaine fraction de son poids, cette fraction dépendant de son poids spécifique. Si une pierre est deux fois plus lourde qu'un volume égal d'eau, elle

perd la moitié de son poids; si elle est trois fois plus lourde, elle est allégée d'un tiers, et ainsi de suite. On s'accorde à dire qu'un cours d'eau coulant avec une vitesse de 12 centimètres par seconde a le pouvoir d'entraîner le sable fin; s'il coule à la vitesse de 25 centimètres par seconde, il est capable d'emporter le gravier fin, et à celle de 75 centimètres par seconde, il peut transporter des cailloux de la grosseur d'un œuf de poule. Mais il ne faut pas oublier que la *forme* des fragments charriés influe beaucoup sur la facilité avec laquelle ils peuvent être mis en mouvement par les eaux.

Jusqu'ici on a considéré l'œuvre des rivières principalement au point de vue du transport des matières solides que leur apportent la pluie et les autres agents de dénudation. Mais une rivière est par elle-même un puissant agent de dénudation directe, de dénudation *fluviale*, comme on l'appelle quelquefois. L'eau courante livrée à ses seules forces, n'a, il est vrai, qu'un médiocre pouvoir de désagrégation quand elle a affaire à une roche dure; mais les cailloux, le sable et les autres débris entraînés par le cours d'eau mordent, râpent, effritent les substances les plus résistantes aux points où ils viennent en contact avec elles et rendent ainsi la rivière capable d'user les roches les plus dures dans le cours de son flot, aussi sûrement que si elles étaient de la terre meuble ou que si elles étaient limées avec de la poudre de verre. La formation des *potholes* montre d'une manière frappante la force de pulvérisation des cailloux mis ainsi en mouvement par l'eau (fig. 34). Ces potholes sont des cavités arrondies d'une profondeur de plusieurs pieds, assez communes dans les roches dures du lit d'un cours d'eau de montagne. Quelques cailloux logés dans une petite cavité tournoient sous l'action des remous du courant et finissent par creuser des trous profonds de

dimensions considérables. Dans ce cas, l'action pulvérisante des cailloux est généralement favorisée par le sable et les particules plus fines contenues dans l'eau qui frottent les parois du trou aussi efficacement que si elles étaient polies avec une fine poudre de verre.



FIG. 34. — Potholes creusées par un cours d'eau dans les roches de son lit.

Aidée par la charge de débris qu'elle entraîne, la rivière ronge les roches de ses rives et tend ainsi à élargir son lit; en même temps les sédiments les plus lourds raclant le fond du lit en désagrègent la roche morceau par morceau et approfondissent ainsi le chenal du fleuve. Tout cours d'eau d'une pente suffisante est ainsi continuellement à l'œuvre et ne cesse d'user les

roches à travers lesquelles il coule, en sorte que le lit d'une rivière, à l'origine sans largeur ni profondeur, peut graduellement s'élargir et s'approfondir. On peut bien voir l'importance des excavations creusées dans un temps donné par le travail des eaux courantes dans les régions volcaniques où les rivières ont scié des couches de lave vomie à des dates inconnues (fig. 35).

Mais c'est peut-être dans les immenses abîmes où coulent certaines rivières du Colorado qu'on peut voir les

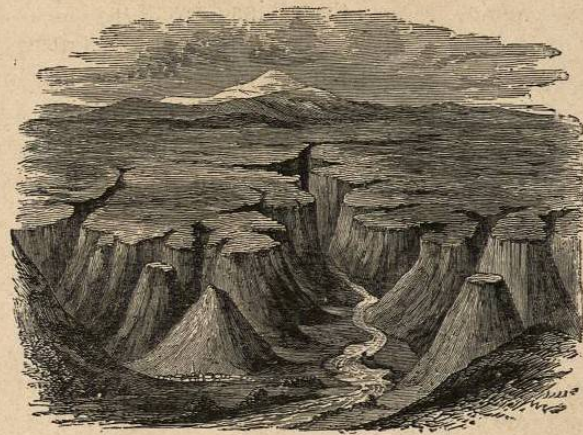


FIG. 35. — Vue d'un plateau raviné par les cours d'eau.

résultats les plus grandioses de la dénudation fluviale. Ces gorges étroites, bordées de rochers à pic comme des murs, sont connues sous le nom espagnol de *cānons* (voir le frontispice de ce volume¹). Le Colorado de l'Ouest, qui roule ses eaux des Montagnes Rocheuses au golfe de Californie ou mer Vermeille, coule, pendant une partie de son cours, au fond d'un gouffre profond, resserré

1. D'après l'*Exploration of the Colorado River of the West*, par Powell. Washington, 1875.

entre des murailles verticales qui en quelques endroits ont plus de 1600 mètres de hauteur. Il n'y a pas de raison de douter que ce sillon gigantesque n'ait été creusé par le fleuve qui y roule ses eaux. Les affluents qui débouchent dans le fleuve y arrivent de la même manière à travers des ravines plus petites qu'on appelle cāons latéraux; et en effet la disposition générale des cāons donne immédiatement l'idée du système d'écoulement des eaux d'un pays. Rien, mieux que ces gorges, ne peut montrer l'importance des *érosions* verticales accomplies par les eaux courantes. Ces ravins doivent probablement d'avoir conservé leur forme particulière au fait que le pays où ils se rencontrent est relativement sans pluie; car s'il pleuvait beaucoup, les berges ne pourraient pas conserver leur forme de murailles verticales et l'action de la dénudation convertirait graduellement le gouffre en une vallée de rivière ordinaire.

Pour comprendre comment l'eau courante accomplit d'habitude son œuvre de dénudation, il est instructif d'épier sur le rivage de la mer les mouvements du flot qui abandonne une plage unie recouverte de vase ou de sable fin à mesure que la marée se retire. Quelque plate et lisse que la plage puisse sembler à l'œil, l'eau trouve bientôt quelques légères inégalités de surface et fait disparaître la déclivité même la plus douce. Les molécules de sable entraînées par l'eau commencent par creuser de petites rainures, puis les agrandissent en forme de sillons plus larges. On peut voir plusieurs de ces petits courants s'unir pour en former un plus large; finalement on voit s'établir tout un système de ramifications aboutissant toutes à un canal central incliné dans la direction de l'eau qui baisse. Même sans aller sur le bord de la mer, on peut souvent être témoin d'effets semblables sur le bord d'une route lorsque l'on regarde le fossé qui reçoit les eaux limoneuses du chemin. On peut sans effort d'imagi-

nation comparer le système en miniature de ces courants qui vont en se ramifiant et qui, dans les deux cas, se produisent sous nos yeux, avec le système d'écoulement des eaux d'un bassin de rivière. La représentation est en effet presque de tout point complète. On y voit le cours d'eau principal, avec ses affluents latéraux, qui roule vers la mer, et on constate souvent que ce petit système de courants est séparé d'un autre par un espace intermédiaire qui figure la ligne de partage des eaux.

Supposez maintenant qu'une partie du fond de la mer se soulevât et apparût au-dessus de la surface de l'eau sous la forme d'une grande plaine vaseuse. Par ce que nous venons de dire, il est facile de juger immédiatement comment l'eau s'écoulerait à sa surface. La pluie tombant sur cette terre nouvellement née ne manquerait pas de rencontrer à sa surface quelques accidents, talus et pente, et l'inclinaison la plus légère est suffisante pour déterminer la pluie à s'écouler dans une direction plutôt que dans une autre. La chute même des gouttes de pluie fouettant le sol couvrirait le terrain détrempe de minces fossettes et donnerait ainsi naissance à des irrégularités superficielles. L'eau s'échappant en ruisselets entraînerait quelques fines particules de vase et ainsi chaque averse trouverait des canaux mieux creusés pour recevoir l'écoulement des eaux. Les courants ne se rendraient certainement pas à la mer en lignes droites parallèles, mais un certain nombre de courants voisins les uns des autres, se dirigeant tous vers le niveau le plus bas, se réuniraient bientôt en un lit commun, comme en donne une idée la figure 36. Si l'action se prolongeait longtemps, les canaux en s'usant s'élargiraient et s'approfondiraient, tandis que les berges du cours d'eau s'aplaniraient sous l'action de la pluie pour former des bords en pentes douces. Ce qui se passe dans un vaste bassin de rivière ressemble tant à un système d'écoulement éta-

bli de la sorte que ceux qui ont le plus réfléchi au sujet croient qu'on peut prendre l'un pour expliquer l'autre; qu'en fait les rivières actuelles ont creusé peu à peu leurs propres lits et que les vallées de nos fleuves sont principalement le résultat de l'œuvre accomplie par la pluie, les rivières et les agents de dénudation analogues.

A première vue, il peut sembler incroyable qu'un

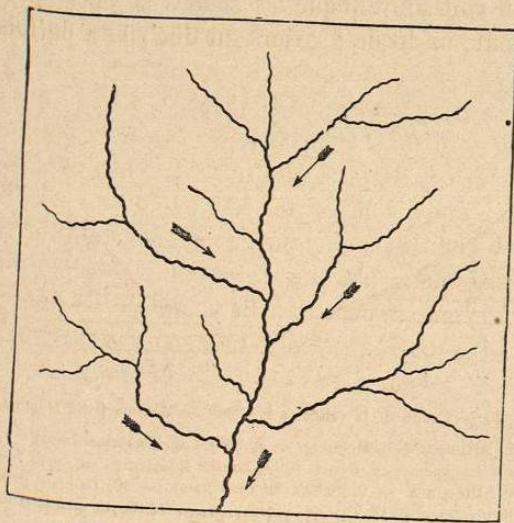


FIG. 36. — Système naturel d'écoulement des eaux.

grand système fluvial, tel que celui de la Seine, ait été formé par l'intervention d'agents qui semblent si insignifiants. Cependant plus on y réfléchit, moins on éprouve de difficulté à accepter cette explication. On ne saurait nier que de petites rigoles puissent être creusées dans la roche solide par une eau courante, car on peut assister à la formation même de ravines semblables. De là on peut, par des degrés insensibles, s'élever aux ruisseaux et aux courants de plus grandes dimensions jusqu'à ce

qu'on arrive enfin à concevoir le travail d'une véritable rivière. Si l'on admet que le petit ruisseau a creusé le canal dans lequel il coule, il est difficile de nier que le cours d'eau plus considérable ait accompli une œuvre semblable sur une plus vaste échelle. La plus petite cause peut produire un grand effet si elle agit assez longtemps.

Il n'y a guère de hardiesse à appliquer ce raisonnement à la Seine. En regardant les deux berges opposées de la vallée, on voit souvent que les roches se correspondent exactement; un lit de graviers sur une rive a parfois son

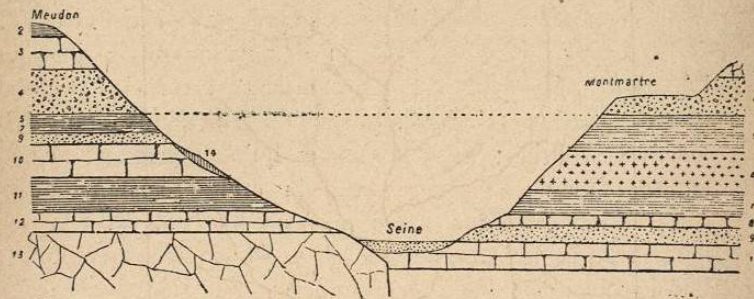


FIG. 37. — Coupe de la vallée de la Seine de Montmartre à Meudon.

2. Limon des plateaux. — 3. Meulière. — 4. Sables de Fontainebleau. — 5. Marnes supérieures au gypse. — 6. Gypse. — 7. Marnes inférieures au gypse. — 8. Traverthin de Saint-Ouen. — 9. Sables de Beauchamp. — 10. Calcaire grossier. — 11. Argile plastique. — 12. Calcaire pisolithique. — 13. Craie. — 14. Loess.

pendant sur l'autre. La figure 37 représente une coupe de Meudon à Montmartre. En descendant de Montmartre vers la vallée du fleuve, on voit la couche de sable n° 4 s'interrompre brusquement et les marnes et le gypse sur lesquels ce sable est assis lui succéder; mais, en remontant la pente opposée de la vallée, le sable reparait de nouveau, au même niveau, au-dessus des marnes et du gypse. On ne peut donc guère douter que jadis le sable s'étendait en une couche continue selon la direction indiquée par la ligne ponctuée et qu'il a été coupé d'une