

REVUE
DU GÉNIE



MILITAIRE

Paraissant le 25 de chaque mois

VINGT ET UNIÈME ANNÉE

Tome XXXIV (2^e Semestre 1907)

RÉDACTION :

PARIS (7^e), RUE DE BELLECHASSE, 39

ADMINISTRATION :

BERGER-LEVRAULT & C^{ie}, LIBRAIRES-ÉDITEURS

PARIS (6^e)

5, RUE DES BEAUX-ARTS, 5

NANCY

18, RUE DES GLACIS, 18

1907

DEUX CONFÉRENCES DE GÉOLOGIE⁽¹⁾

« Il ne suffit pas au géographe de lire *en plan* la carte géologique, il faut aussi la déchiffrer *en profondeur*; bien plus, il doit chercher à la lire *dans le temps* afin de restituer par la pensée les formes disparues. »

(O. BARRÉ, *L'Architecture du sol de la France*, 1903, p. 11.)

(PLANCHE II)

I

NOTIONS GÉNÉRALES DE GÉOLOGIE — HISTOIRE DE LA FORMATION DE LA TERRE — PRINCIPES DE TECTO- NIQUE

Il y a une trentaine d'années à peine que l'on cherche à faire ce que l'on pourrait appeler de la *géographie raisonnée*, ce que l'on appelle de la GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. Ce genre de géographie est basé sur la géologie. La *géographie* et la *géologie* sont en effet deux sciences se touchant intimement; elles traitent toutes deux de la terre, et constituent la *science de la terre*. Mais, tandis que la géologie s'attache à décrire la terre dans son ensemble,

(¹) Ces conférences ont été faites les 11 et 15 mai 1907 aux officiers de la garnison de Nancy, par M. H. Joly, licencié ès sciences naturelles, préparateur de géologie à la Faculté des sciences de Nancy, sous-lieutenant de réserve au 79^e régiment d'infanterie. Nous leur conservons la contexture complète donnée par l'auteur, bien qu'une partie de la matière de ces conférences se trouve déjà dans les cours de l'École d'application de Fontainebleau ou dans les articles publiés ici même par M. le commandant Barré (*Revue*, 1898, t. XVI, p. 323, 385 et 481). [N. D. L. R.]

ne négligeant ni la surface, ni les profondeurs, ni l'état présent, ni les états passés du globe, le géographe, au contraire, semble s'attacher exclusivement à la surface ; il prend un instantané de la terre, tandis que le géologue cherche à en obtenir une vue cinématographique.

La géologie est donc une science très vaste embrassant la terre dans toute sa masse et à travers une très longue succession de siècles ; aussi doit-elle s'appuyer sur beaucoup d'autres sciences et principalement sur l'astronomie, les sciences physiques, chimiques et les sciences naturelles, se divisant par ce fait en un certain nombre de branches. Ainsi la *minéralogie* et la *pétrographie* étudient les roches dans leur constitution et leur structure, la *paléontologie* recherche l'enchaînement des êtres animés qui ont vécu à la surface de la terre depuis sa formation et dont les traces appelées *fossiles* permettent de classer les différentes couches de terrain suivant un ordre chronologique précis constituant ainsi la base de la *stratigraphie* qui est un instrument indispensable pour l'étude de la *tectonique*, histoire des dislocations de l'écorce terrestre.

Les phénomènes que doit étudier le géologue se sont passés, la plupart du temps, à des époques très reculées et l'on est souvent réduit à faire des hypothèses pour les expliquer, hypothèses qui, cependant, ne sont pas imaginées au hasard, et reposent au contraire sur des bases sérieuses. Comme en toute science le géologue observe, puis il interprète ces observations et cherche à vérifier son interprétation. Il est vrai que les vérifications en géologie ne se font pas d'une façon aussi sensible que celles que l'on peut faire en physique ou en chimie ; mais elles n'en sont pas moins évidentes et ont toute la rigueur des vérifications mathématiques ou astronomiques. Si, par exemple, après avoir prévu, par toute une série d'inductions plus ou moins complexes, l'existence d'un terrain déterminé ou d'une faune spéciale en un certain point du

globe, un sondage ou une exploration vient reconnaître la chose annoncée, on se trouve en présence d'une vérification nette et aussi probante qu'une vérification mathématique.

La géologie possède donc des méthodes d'investigations et ces méthodes varient suivant les différentes branches que l'on considère.

En *stratigraphie*, on part de ce principe que, au fond de la mer, les dépôts se sont déposés horizontalement, et un terrain ou un dépôt considéré repose sur un plus ancien que lui et se trouve recouvert par un plus récent. Le but de la stratigraphie est d'établir dans l'histoire de ces dépôts des dates, et de tracer leur ordre chronologique. Sans vouloir entrer dans les détails au sujet des procédés employés pour parvenir à ce but, je dirai que, actuellement, on considère encore les limites des époques géologiques comme arbitraires ; cependant ces époques sont classées dans leur ordre chronologique, et cela grâce aux restes des êtres animés, grâce aux fossiles. Certains fossiles, en effet, ont évolué rapidement, et l'on s'est servi de ces formes ; de ces espèces changeant à chaque instant, comme de dates pour délimiter et classer les sédiments. Mais il a fallu, pour pouvoir se servir des fossiles comme de dates, se fonder sur une observation paléontologique, à savoir que, les conditions de vie à la surface de la terre et à une époque donnée étaient les mêmes partout, que les animaux pouvaient facilement se transporter et se répandre partout, donc que toutes les mers devaient communiquer entre elles. En fait cette observation est vraie pour les périodes anciennes. La vie fut pendant longtemps la même sur toute la terre et les climats se sont différenciés très tard ; en sorte que l'on peut dire que jusqu'au milieu du tertiaire, au moins, les conditions de vie étaient partout les mêmes, et la paléontologie nous fournit pour ces époques anciennes un instrument chronologique non seulement précis mais sûr. Mais

il ne faut pas oublier que la géologie ne peut parler que d'âge relatif; on ne sait pas, et cela durera longtemps encore, évaluer en années les périodes géologiques. Ce sont les termes de comparaison et le temps qui manquent. Depuis que l'homme habite la terre, il s'est à peine déposé dans le fond des océans une couche de dépôts de 5 cm.

L'étude stratigraphique et paléontologique des terrains n'est qu'une étude préliminaire destinée à rendre plus facile l'étude de l'histoire physique de la terre, en un mot, de l'histoire de la géographie. Il est nécessaire, en effet, de connaître exactement tous les terrains, et de pouvoir les placer avec certitude dans leur compartiment chronologique, avant d'aborder l'étude de la *tectonique* où l'on a souvent à interpréter des phénomènes très compliqués comme des terrains redressés, renversés, repliés plusieurs fois les uns sur les autres, étirés, cassés, parfois même transportés à des centaines de kilomètres du lieu de leur dépôt primitif.

La *tectonique* est, en effet, la branche de la géologie qui étudie les dislocations de l'écorce terrestre, et, d'une façon générale, tous les phénomènes d'ordre mécanique auxquels la terre a pu être soumise. L'examen des manifestations superficielles de ces phénomènes fournit déjà des conclusions précieuses pour l'histoire physique du globe, mais ce n'est pas tout : il s'agit de reconnaître, d'après ce qui est visible à la surface, les mouvements et les changements qui se sont passés en profondeur; on ne peut arriver à ce résultat qu'en décomposant les régions étudiées en petits compartiments pour chacun desquels on fait une étude approfondie : il ne reste plus ensuite qu'à synthétiser le tout et l'on arrive à ne plus avoir qu'une seule hypothèse admissible, celle qui est vérifiée. Mais pour arriver à comprendre ces synthèses, il faut que le géologue qui s'adonne à la tectonique fasse abstraction de lui-même et ne cède pas à cette tendance générale et

presque instinctive de l'homme, de vouloir tout rapporter, comparer à lui-même. Il faut rapporter toutes les observations que l'on fait à la surface de la terre, au diamètre de la terre lui-même ; alors les plus grandes chaînes de montagnes comme les Alpes et l'Himalaya apparaîtront comme des rides insignifiantes et les nappes charriées ne représenteront que de bien faibles déchirures de l'écorce terrestre.

Une des conséquences les plus remarquables de la tectonique est qu'elle permet de tirer de l'étude des anciennes chaînes de montagnes, des conclusions, des déductions pour l'étude des chaînes récentes que l'érosion n'a pas encore suffisamment entamées pour mettre à nu leur structure profonde. « Si nous pouvions — comme le dit très bien M. de Launay dans son livre remarquable *l'Histoire de la Terre*, — dans quelques centaines de siècles, revenir sur l'emplacement des Alpes, alors entamées dans leur masse, nous en verrions apparaître au jour une section horizontale profonde ; quelques milliers d'années plus tard, nous découvririons, de la chaîne disparue, une section encore plus basse. Or, ce que la durée de la vie humaine nous interdit ici de faire, nous pouvons le faire approximativement en envisageant, sur la surface actuelle de la terre, diverses chaînes montagneuses, que la tectonique nous apprend avoir été de plus en plus anciennes et qui, ayant présenté sans doute à l'origine une disposition analogue, ont des chances pour avoir été de plus en plus profondément entamées, à mesure qu'elles sont plus vieilles. La structure géologique de la *Norvège* sur laquelle on superposerait ainsi celle du *Plateau central*, puis celle des *Alpes*, peut nous donner une idée de ce que l'on verrait, si on pouvait, au-dessous des Alpes mêmes, descendre à une profondeur de quelques kilomètres. Et l'une des premières conclusions à en déduire est, comme on pouvait s'y attendre, la simplification progressive des phénomènes, quand on descend

vers la zone centrale, avec la disparition rapide de ce très mince manteau sédimentaire qui nous est si commode pour établir les distinctions d'âge, mais dont le rôle est si insignifiant pour l'ensemble de la terre. »

Enfin l'étude de l'histoire physique de la terre constitue la *paléogéographie* qui, selon la définition qu'en donne encore M. de Launay, se propose de reconstituer la géographie physique aux diverses époques, d'écrire, en quelque sorte, l'histoire, l'évolution de cette géographie. La paléogéographie n'est, en effet, que la coordination systématique des résultats acquis dans les autres branches de la géologie : la tectonique, la stratigraphie et la paléontologie nous ont donné tous les renseignements nécessaires à la constitution d'un atlas physique ; cet atlas serait complet même, si le fond des mers actuelles et les régions polaires nous étaient connus : néanmoins, nous pouvons tracer une série de cartes géologiques pour les périodes successives de l'histoire terrestre, et ces cartes nous font voir les changements continuels des mers, les mouvements des continents et les formations des chaînes de montagnes. Il reste cependant beaucoup à faire pour atteindre le but final de la géologie, c'est-à-dire l'établissement des lois qui régissent les mouvements de l'écorce terrestre. L'origine même, sinon du globe terrestre, du moins de la croûte terrestre est peu connue et plusieurs théories sont encore en présence, se disputant le droit d'expliquer la formation de la terre ; je dirai un mot de la plus récente, qui est aussi une des plus séduisantes, celle de M. de Launay.

Origine et formation de la terre

La surface de l'écorce terrestre nous fournit tous les éléments de notre chimie et l'analyse spectrale nous révèle que les astres ne possèdent pas plus de corps simples que

la terre, et possèdent les mêmes. Au reste les métaux qui se rencontrent à la surface de la terre proviennent sans aucun doute des parties profondes de notre planète où ils doivent se trouver en proportions différentes de celles que nous observons au jour et l'on peut chercher la loi de répartition des minéraux dans le globe terrestre en s'appuyant sur la métallogénie et rétablir ainsi le premier groupement matériel dont les transformations à travers les temps géologiques ont fini par faire de la terre ce qu'elle est aujourd'hui. Cette loi peut s'énoncer comme suit : « *Dans la terre incandescente, avant sa solidification, les éléments chimiques se sont trouvés écartés du centre en raison de leur poids atomique, comme si les atomes dissociés et libres de toute combinaison chimique à de très hautes températures avaient été uniquement et individuellement soumis à l'attraction universelle et à la force centrifuge.* »

Pour démontrer cette loi, on commence par établir, à l'aide d'observations purement géologiques, l'ordre de superposition des métaux tel qu'on le suppose avoir été au début : l'exactitude de la loi est vérifiée par la concordance des deux listes.

L'ordre de superposition primitif des métaux tel qu'on l'établit à l'aide de la métallogénie est le suivant :

1° *Éléments de l'atmosphère et des eaux* : hydrogène, azote, oxygène ;

2° *Écorce silicatée* formée par les roches et les terrains sédimentaires : silicium, aluminium, sodium, potassium, magnésium, calcium ;

3° *Minéralisateurs*. Corps qui se sont combinés aux métaux pour former les minéraux : chlore, soufre, phosphore ;

4° *Gîtes métallifères de ségrégation ignée*, ou gîtes métallifères qui se sont produits sur certains points des roches éruptives pendant leur cristallisation : fer, manganèse, nickel, cobalt, chrome, titane, vanadium ;

5° *Gîtes filoniens reliés aux ségrégations*, aux environs des roches éruptives basiques : cuivre ;

6° *Gîtes métallifères filoniens* : zinc, plomb, antimoine, argent, mercure, bismuth, tungstène, or, uranium, radium.

Il serait déplacé ici d'entrer dans tout le détail des motifs qui ont conduit à établir cette succession et qui ont été exposés ailleurs tout au long ⁽¹⁾ ; qu'il suffise de dire que la répartition des éléments entre ces divers groupes est fondée sur un si grand nombre d'observations qu'elle n'est guère contestable, et nous passerons tout de suite à la comparaison de ces différents groupes avec la liste des poids atomiques de leurs éléments, telle que la donne la chimie :

1° *Hydrogène* 1, *azote* 14, *oxygène* 16 ;

2° *Sodium* 23, *magnésium* 24, *aluminium* 27, *silicium* 28 ;

3° *Phosphore* 31, *soufre* 32, *chlore* 34.

4° *Titane* 48, *vanadium* 51, *chrome* 52, *manganèse* 54, *fer* 56, *nickel et cobalt* 59 ;

5° *Cuivre* 64 ;

6° *Zinc* 64, *argent* 108, *antimoine* 120, *tungstène* 184, *or* 197, *mercure* 200, *plomb* 207, *bismuth* 208, *radium* 225, *uranium* 239.

La concordance entre les deux tableaux est absolue, donc l'ordre de superposition et la loi annoncés au début sont vérifiés.

On peut tirer de là, au sujet de notre planète, quelques conséquences intéressantes, au point de vue de sa structure et de sa formation. Tout d'abord comme les éléments rencontrés dans la terre sont les mêmes que ceux rencontrés dans le soleil et les autres astres étudiés, on est en droit de conclure à la communauté d'origine de tous ces astres ; il y aurait donc eu, à l'origine du

(1) DE LAUNAY, *L'Histoire de la Terre*.

monde solaire, une nébuleuse qui se serait morcelée pour former les astres du système solaire. A partir de ce moment, la terre s'est individualisée et a commencé sa vie propre.

La terre a dû être, au début, une sphère en fusion où les divers éléments étaient répartis de l'extérieur à l'intérieur, suivant leur ordre de densité, mais aussi où des brassages continuels mélangeaient par place ces corps, ramenant les uns à la surface, enfouissant les autres, etc. Cependant cette sphère en fusion rayonnait de la chaleur à travers l'espace et se refroidissait rapidement ; il est arrivé un moment où le refroidissement fut tel que les matériaux de la surface, les plus légers et aussi les moins fusibles, eurent atteint leur température de solidification. La sphère fondue se couvrit alors d'une pellicule mince, solide, composée des matériaux du deuxième groupe : sodium, magnésium, aluminium, silicium. Cette croûte est appelée *écorce silicatée*, à cause de la prépondérance des silicates dans sa composition, *silicate de magnésie, d'alumine*, etc.

Cette première croûte eut pour premier effet le ralentissement du refroidissement de la terre et l'abaissement de la température à l'extérieur de l'écorce silicatée ; aussi les éléments du premier groupe se séparèrent, l'hydrogène et l'oxygène à l'état de combinaison formèrent les eaux qui se condensèrent à la surface du globe pour se réfugier dans les creux et former les premières mers : l'azote avec l'oxygène et l'hydrogène en excès forma l'atmosphère.

Dès ce moment, la terre fut constituée avec ses trois éléments superficiels principaux : l'atmosphère, les mers et l'écorce terrestre. Au-dessous restait une sorte de fonte métallique en fusion qui gardait quelques communications avec la surface, soit par des fissures, soit par des cheminées.

Les phénomènes qui se produisirent alors à la surface

de la croûte terrestre sont les mêmes que ceux que la géologie étudie et observe encore maintenant et qu'elle appelle pour cette raison *phénomènes actuels*. Ce sont : l'action des eaux sur les roches, les volcans, les effondrements, les cassures, le dépôt des sédiments, les formations de plissements et de chaînes de montagnes, avec les régressions et transgressions de la mer qui en sont les conséquences directes.

Les premiers sédiments, formés des éléments arrachés à la croûte scoriacée par les eaux et entraînés dans le fond des mers, ont eu pour effet de peser sur le fond de ces mers et d'occasionner le réchauffement de la partie de l'écorce sur laquelle ils reposaient. Il s'est produit ainsi des affaissements de lambeaux d'écorce terrestre et des épanchements de la matière fondue de l'intérieur du globe : la nature fragile de l'écorce facilitait du reste l'arrivée des matières profondes en se cassant, se fissurant sous les moindres pressions. Il est par suite bien peu probable qu'un coin de l'écorce silicatée ait échappé à ces remaniements et que l'on puisse même retrouver dans leur état originel quelques-uns des premiers dépôts sédimentaires. Mais avec le temps, le refroidissement du globe allant toujours, augmentant l'épaisseur de l'écorce terrestre par sa face intérieure, et les sédiments continuant à s'accumuler dans le fond des mers, la solidité de la croûte terrestre allait croissant. Mais le refroidissement amenant une contraction, il tendait à se faire un vide entre l'écorce et la masse interne. D'autre part, le poids des sédiments se faisant particulièrement sentir en certains endroits, il s'est produit des ridements destinés à diminuer le volume de la terre. Ces ridements, ce sont les chaînes de montagnes ; étant toujours occasionnés par les mêmes causes : poids des sédiments et contraction du globe, ils ont dû se produire toujours de la même façon ; c'est, en effet, ce que nous enseignent la tectonique et la paléogéographie.

Tectonique

Avant d'aborder l'étude de la tectonique, il est nécessaire, comme je l'ai dit plus haut, que le géologue rapporte toutes ses observations, non à lui, mais au diamètre de la terre. Il doit partir de ce principe : que l'écorce

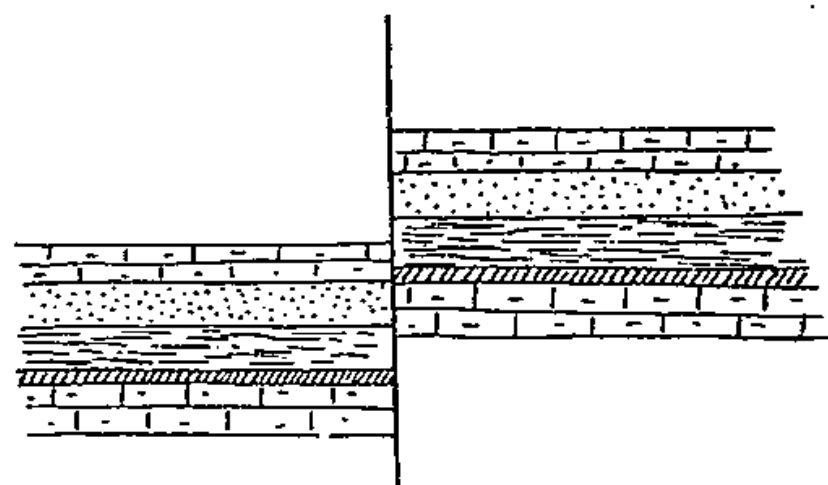


Fig. 1. — Faille verticale avec rejet.

terrestre n'est qu'une faible pellicule très fragile, analogue à celle d'un œuf sans coque calcaire, et que, par conséquent, cette écorce, sous l'influence du refroidissement du globe, du poids des sédiments et de l'attraction des astres, se déforme, se disloque par lambeaux et

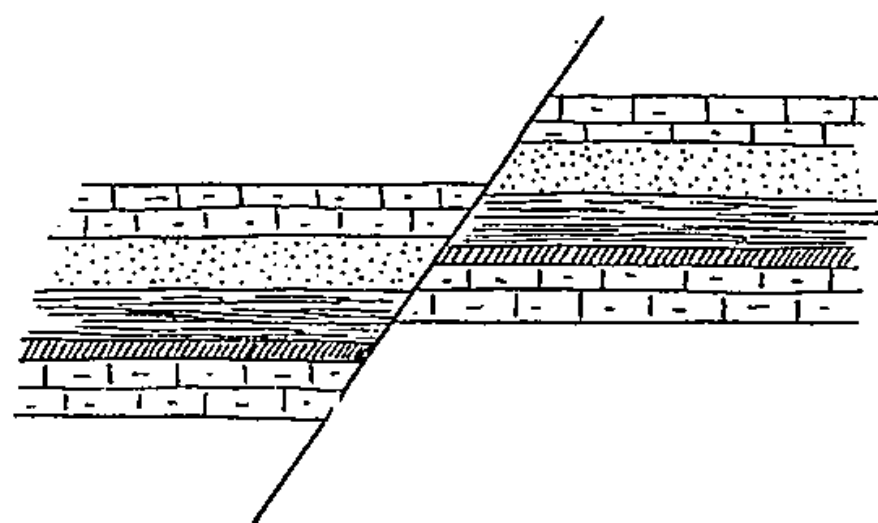


Fig. 2. — Faille oblique avec rejet.

par compartiments, et voit se former des rides montagneuses à sa surface.

Toutes ces déformations et dislocations peuvent se ramener à deux types simples : les *soulèvements* et les *effondrements*, qui se produisent par deux sortes d'accidents tectoniques : les *plis* et les *failles*.

Une *faille* est une cassure produite dans tout ou partie de l'écorce terrestre et qui a pour effet de désunir des parties de terrain qui étaient primitivement intimement liées. Une faille peut être *verticale* ou *oblique* ; elle peut aussi être *béante*, c'est-à-dire laisser un espace vide entre ses deux bords ou *lèvres*. La plupart du temps, les terrains situés de part et d'autre d'une faille présentent

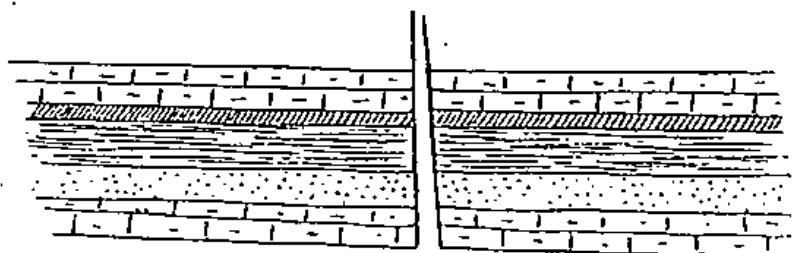


Fig. 3. — Faille béante sans rejet.

entre eux une différence de niveau : c'est ce que l'on appelle le *rejet* de la faille.

Un *pli* est une ondulation de tout ou partie de l'écorce terrestre. Les plis sont très variés, mais tous peuvent se ramener à deux types simples, l'*anticlinal* et le *synclinal*. L'*anticlinal* est un pli à concavité tournée vers le

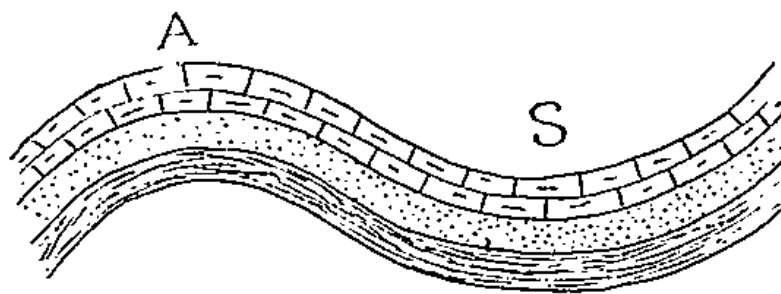


Fig. 4. — A, anticlinal ; S, synclinal.

bas, c'est un *pli en voûte* ; le *synclinal* est un pli à concavité tournée vers le haut, c'est un *pli en creux*.

Les anticlinaux et synclinaux sont rarement isolés ; ils sont généralement liés l'un à l'autre, se faisant suite latéralement. Cependant il arrive que dans le cas d'un anticlinal, la retombée d'un des flancs ne se produise pas ; on a alors ce que l'on appelle un *pli monoclinal* ou flexure. Ce cas se produit dans les affaissements de terrains plastiques qui ne se prêtent pas à des failles, ou

bien dans les affaissements qui se sont produits assez lentement pour permettre aux couches de terrain de se plier sans se briser.

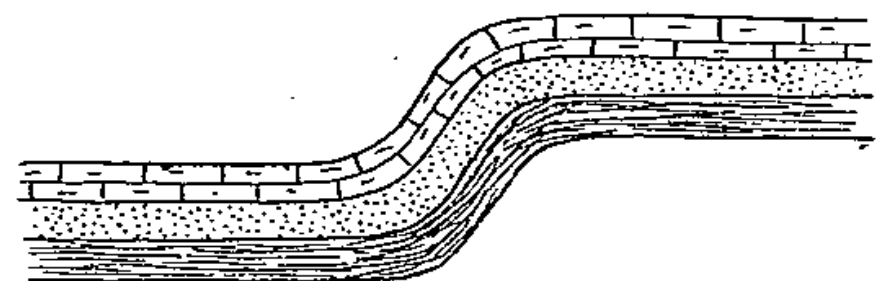


Fig. 5. — Flexure ou pli monoclinal.

Un *pli en éventail* est un ridement formé d'anticlinaux et de synclinaux conjugués mais dont la courbure totale est concave vers le bas ; c'est en somme une région anticlinale.

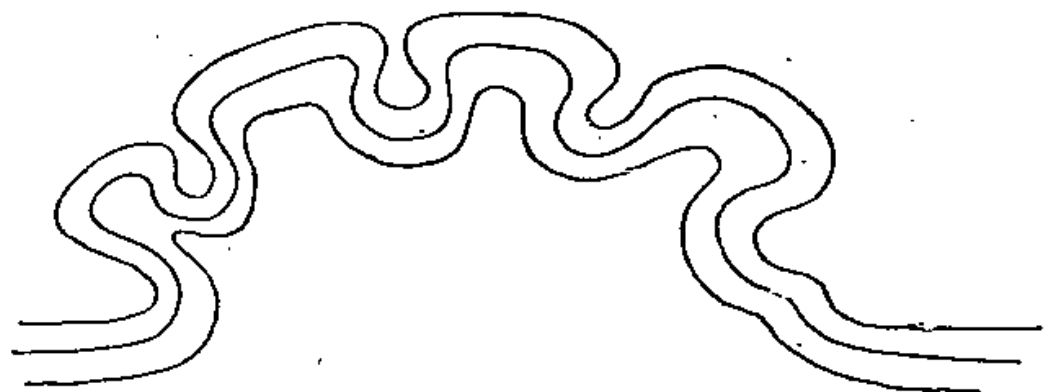


Fig. 6. — Pli en éventail.

Lorsqu'un anticlinal est poussé fortement et par le fait pincé fortement à la base, la masse des terrains qui est soulevée tend à se déverser d'un côté ou de l'autre ;

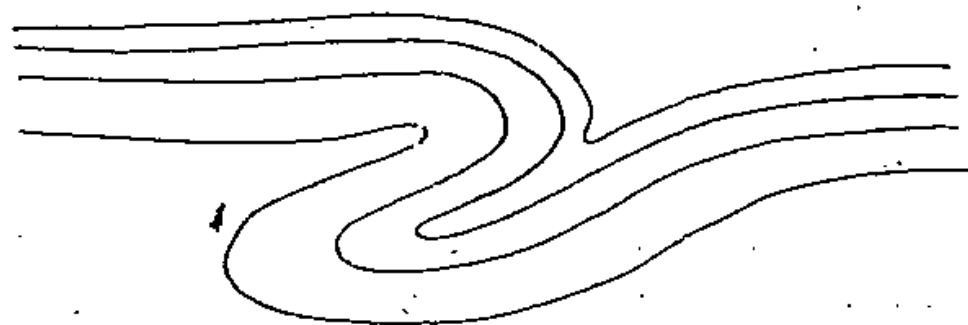


Fig. 7. — Pli couché.

généralement du côté opposé à celui d'où vient la pression maxima. On a alors un *pli couché*.

Dans ce cas, le flanc inférieur du pli couché subit souvent un étirement qui peut être faible, mais qui peut aussi être poussé au maximum, c'est-à-dire que le flanc

inférieur disparaît totalement ; c'est alors le cas d'une *nappe de charriage*.

Si dans ce cas le mouvement de plissement, c'est-à-dire la pression maxima qui a produit le pli continue à se faire sentir, la nappe de charriage peut continuer à s'avancer et recouvrir toute une partie de terrains, for-

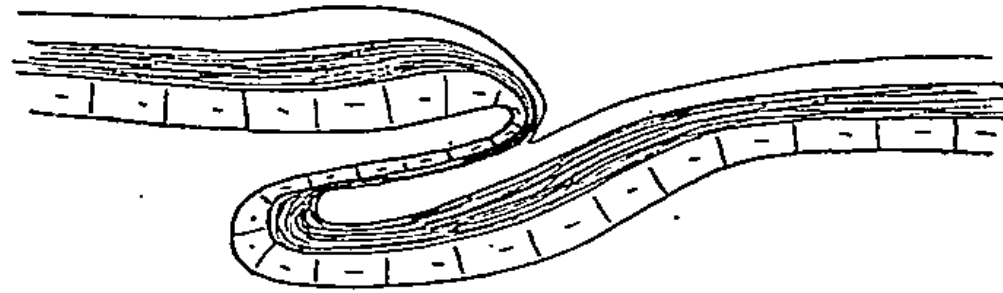


Fig. 8. — Pli étiré.

mant une nappe ou un *lambeau charrié*, ou un *lambeau de recouvrement* ou une *lame de charriage*. Certaines nappes de charriage ont parcouru beaucoup de chemin : il en est qui ont été poussées jusqu'à plus de 100 km de leur point d'origine. On a la preuve que, dans les Alpes, des nappes de charriage sont passées par-dessus les plus hauts sommets, faisant l'effet d'un vaste

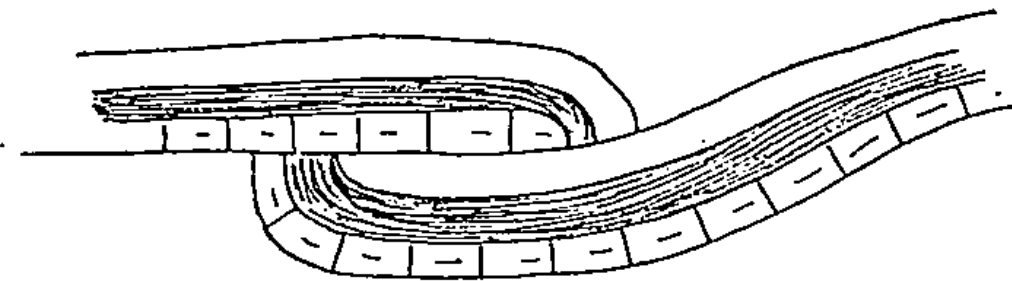


Fig. 9. — Nappe de charriage.

traîneau brisant et aplatissant tout sur son passage, d'un « traîneau écraseur » selon l'expression de M. Suess.

Ainsi se résumant, en quelques mots, tous les phénomènes mécaniques qui ont présidé à la formation des chaînes de montagnes, et les accidents qui se sont produits au cours de leur surrection ; il reste à énumérer les différentes chaînes de montagnes qu'a connues la terre.

Il est à remarquer tout d'abord que le lieu géométrique de ces chaînes semble avoir été uniquement l'hémisphère nord de notre planète, que ces chaînes se sont formées au sein de vastes dépressions appelées *géosynclinaux*, dans lesquelles l'épaisseur de la croûte terrestre étant moins grande, cette croûte devait être plus fragile et céder aux pressions qui s'exerçaient sur elle lors de la contraction due au refroidissement. Enfin les plus anciennes chaînes ont subi à travers les temps géologiques les mauvais traitements de l'atmosphère et des mers et ont perdu tout leur relief; nous ne retrouvons leurs traces que par l'étude des racines de leurs plissements qui restent visibles dans quelques cas particuliers.

La première chaîne est appelée *chaîne huronienne*; elle est très ancienne et date du précambrien; on n'en trouve plus que des traces en Suède, en Irlande et en Amérique, au Groënland.

Puis vient la *chaîne calédonienne*; elle s'arrêta un peu en retrait de la précédente qui formait alors plateau résistant ou *horst* et qui s'opposait à la marche plus au nord de cette seconde chaîne. La chaîne calédonienne date des temps primaires.

Datant aussi de l'époque primaire mais de la fin de cette époque, c'est-à-dire du permien, est venue ensuite la *chaîne hercynienne*, s'arrêtant encore en retrait de la précédente. La chaîne hercynienne est beaucoup mieux connue que les précédentes parce qu'elle a été moins attaquée, et qu'elle est visible dans des régions plus faciles à étudier. Elle forme l'Ardenne, le Harz, les monts de la Bohême, de l'Oural; à l'ouest elle se dirige sur le Mexique en passant par le sud de la Grande-Bretagne. L'Ardenne avait autrefois des sommets de 8 000 m; mais toute la chaîne a été transformée en une plaine d'érosion ou pénéplaine avant l'époque triasique, c'est-à-dire pendant l'espace d'un étage géologique: le

permien. Cette pénéplaine allait depuis la Belgique jusqu'au Jura ; ce n'est que plus tard que l'Ardenne s'est soulevée de nouveau et lentement, formant peu à peu la chaîne que nous connaissons.

Enfin la quatrième chaîne, la plus récente, est la *chaîne alpine*. Comme ses sœurs aînées, la chaîne alpine est venue du sud et s'est arrêtée en retrait du horst formé par les chaînes précédentes. Les ridements alpins ont fait le tour du globe. Il faut leur rattacher les chaînes des Sierra en Espagne, l'Atlas en Afrique, la Cordillère des Andes et les Antilles en Amérique ; en Europe, les Balkans et le Caucase continuent la chaîne vers l'est, la conduisant à travers l'Asie Mineure en Asie, pour lui donner ses sommets les plus élevés dans l'Himalaya.

La structure du globe terrestre est maintenant suffisamment ébauchée, il reste à étudier la surface et à voir comment les reliefs se façonnent ou se détruisent et l'influence de la structure de l'écorce terrestre sur la forme et l'orientation de ces reliefs.

II

RELATIONS ENTRE LA GÉOLOGIE ET LES FORMES DU TERRAIN — APPLICATION A LA RÉGION LORRAINE

Les reliefs de la surface du globe et les formes topographiques de ces reliefs sont la résultante de deux forces contradictoires qui luttent constamment entre elles : 1° la résistance et la solidité de l'écorce terrestre qui est une force d'inertie ; 2° l'attaque du sol par les agents atmosphériques.

Les agents atmosphériques détruisent toujours, et de différentes façons, ou plutôt ils modifient constamment le modelé de l'écorce terrestre :

1° Les alternances de chaud et de froid produisent sur les roches des phénomènes de contraction et de dilatation qui finissent par les désagréger, comme si ces roches étaient des animaux vivants soumis à des variations brusques de température nuisibles à leur organisme ;

2° Les alternances de sécheresse et d'humidité sont plus nuisibles encore ; sous leur influence, certaines roches se délitent, s'altèrent, tombent en poussière. Les argiles et les marnes par exemple se gonflent à l'humidité, se fendillent à la sécheresse et tombent rapidement en poussière ou en boue. Ces phénomènes sont nettement observables dans les travaux de terrassement où l'on expose au soleil et à la pluie des roches parfois très dures retirées de plusieurs mètres de profondeur, mais qui s'altèrent rapidement et sont effritées au bout de quelques mois. D'autres cas où l'altération chimique joue le plus grand rôle se produisent aussi fréquemment : de nombreux minerais s'oxydent à l'air ; la pyrite de fer, par exemple, se décompose et donne de l'oxyde de fer ; les roches renfermant de la pyrite ne peuvent se conserver longtemps à l'air ;

3° Mais la température agit encore d'une autre façon : par la gelée. Le mode de destruction par la gelée est très important ; il s'observe surtout sur les sommets des hautes montagnes où les variations de température sont très brusques et se prêtent à des écarts parfois considérables. Pendant le jour, l'eau s'infiltré dans les moindres interstices des roches ; la nuit arrivant avec sa basse température transforme cette eau en glace : les fissures s'élargissent et, ces phénomènes se répétant chaque jour, les blocs fissurés finissent par se disloquer et s'écrouler en morceaux. Quelquefois, la dislocation se traduit par un éclatement et c'est souvent à l'éclatement des roches

qu'il faut rapporter les détonations que l'on entend parfois aux environs des glaciers ;

4° Sitôt que les roches sont disloquées, la pesanteur en fait tomber les morceaux le long des pentes abruptes et vient les accumuler dans les régions basses, en amas coniques d'éboulis caractérisés par les dimensions très variées des blocs et leur disposition très irrégulière le plus souvent instable. Ces passages d'éboulis, à cause justement de cette instabilité des blocs, sont très dangereux pour les touristes et alpinistes qui s'y aventurent ;

5° Enfin les éléments essentiels qui façonnent la surface de la terre sont le vent et l'eau. Tous deux interviennent par leur force mécanique.

Sur les bords de la mer, où le sable des plages se dessèche rapidement, les vents violents soulèvent ce sable et l'entraînent vers la terre ferme sur laquelle il vient s'accumuler, formant des dunes. Des dunes se forment aussi dans les déserts sablonneux, où la végétation absente ne peut empêcher l'action du vent qui soulève les tourbillons de sable. Un autre phénomène d'érosion dû à la force mécanique du vent s'observe dans les régions désertiques : le vent entraîne les grains de sable et les projette avec une grande violence contre les obstacles qu'il rencontre, rochers par exemple, qui sont alors corrodés, usés par le frottement. C'est ainsi que s'explique cette corrosion toute particulière, analogue à la corrosion d'un acide, que l'on remarque sur le visage des sphynx en Égypte, et sur les faces des rochers du Sahara.

L'érosion par l'eau est plus intense. L'eau de pluie qui tombe sur les collines se met à ruisseler et à entraîner des particules très petites de roche ou de sable ; bientôt les filets d'eau se réunissent en ruisseaux qui entraînent de plus gros morceaux et usent les bords et le fond de leur lit par le frottement de l'eau et des cailloux. Les torrents possèdent à un degré maximum ce pouvoir des-

tructeur ; d'aucuns peuvent entraîner des blocs ayant plusieurs mètres de diamètre. Plus bas, les rivières continuent l'œuvre des ruisseaux et des torrents.

Mais toute l'eau de pluie ne ruisselle pas à la surface du sol ; une partie s'y infiltre pour ressortir plus tard sous forme de sources ; nous verrons plus loin qu'elle peut encore se comporter autrement.

L'eau de la mer battant continuellement les rivages les use, les détruit, et gagne du terrain sur la terre ferme.

L'eau sous forme de glace use les roches ; les glaciers en effet sont animés d'un mouvement lent de descente tout à fait comparable à celui des rivières ; la glace qui les forme a emprisonné des blocs de roche qui suivent son mouvement, ces blocs et la glace elle-même frottant contre le fond du lit des glaciers en aplanissent les rugosités à la façon d'une rivière qui régularise son cours. De plus, les glaciers transportent les rochers qui tombent sur eux des flancs escarpés des vallées glaciaires. Ces rochers forment les moraines. Si à un moment donné, par suite d'une élévation de la température moyenne du lieu, le glacier vient à disparaître, il laisse à sa place un paysage tout à fait spécial, comme ceux de certaines vallées vosgiennes, où les roches sont arrondies et polies, où çà et là on observe d'anciennes moraines, et où l'on rencontre semés sans ordre des blocs erratiques qui sont restés à la place où ils étaient lorsque le glacier a disparu.

Tous ces phénomènes plus ou moins compliqués et plus ou moins intenses produits par le vent et l'eau contribuent à user, à façonner le sol, et à donner à chaque région un caractère particulier. C'est d'eux en partie que dépendent les formes topographiques. Mais tous ces phénomènes produisent des effets différents suivant les différentes roches auxquelles ils s'attaquent, *ils ont pour conséquence à peu près unique de mettre en relief les*

parties dures, puisqu'elles s'usent moins facilement. C'est là la première loi qui préside à la formation des reliefs du sol.

Il est une seconde loi qui est relative aux cours d'eau, et pour l'énoncé de laquelle il est nécessaire d'entrer dans quelques détails. D'une façon générale, un cours d'eau tend le plus rapidement possible à atteindre le niveau le plus bas ; il cherche donc à régulariser les pentes de son cours ; d'autre part, il a toujours au début une vitesse assez grande, qui va en diminuant vers son embouchure ; aussi lorsqu'un cours d'eau se jette dans la mer, il a atteint le point le plus bas qu'il pouvait atteindre, et sa vitesse devient nulle ; le niveau de la mer forme ce qu'on appelle le *niveau de base* du cours d'eau.

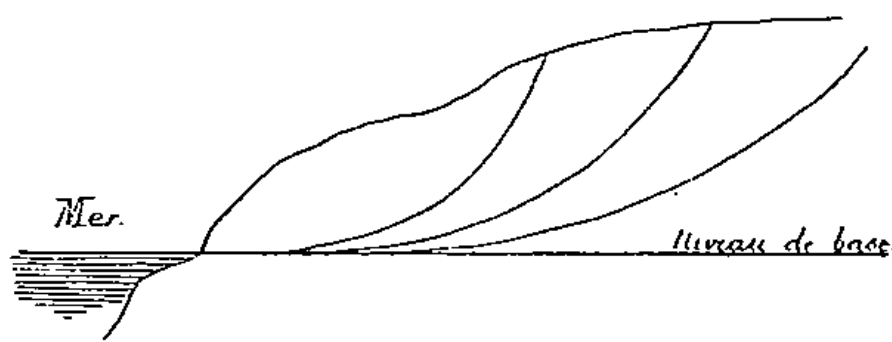


Fig. 10. — Abaissement progressif de la courbe parcourue par un cours d'eau.

De là résulte la seconde loi que l'on peut énoncer : « *Un cours d'eau prend la forme d'une courbe régulière, concave vers le haut, et cette courbe s'abaisse peu à peu par une sorte de rotation autour du niveau de base.* »

Lorsqu'un cours d'eau creuse son lit pour régulariser son cours, il élargit en même temps sa vallée ; mais, au fur et à mesure qu'il devient moins impétueux, il continue à élargir de plus en plus sa vallée ; mais, cette fois, à l'aide de ses affluents.

Il est intéressant d'étudier un peu en détail les effets des deux lois précédentes.

La première est évidente ; mais les parties résistantes du sol sont mises en évidence de plusieurs façons :

Si la roche est résistante et disposée par couches hori-

zontales, les filets d'eaux courantes qui se forment à sa surface ne peuvent pas acquérir une grande vitesse, il s'ensuit que l'érosion est lente; il se forme un plateau ou une plaine élevée. Si, dans ce cas, on a affaire à des couches de terrain stratifiées, alternativement tendres et dures, et que, par une cause quelconque: faille offrant un point de plus faible résistance par exemple, une vallée

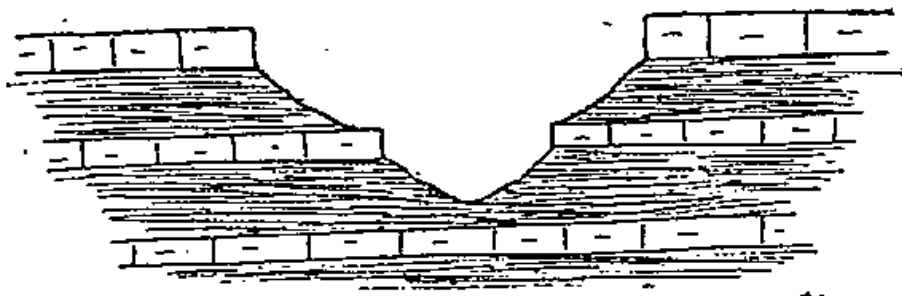


Fig. 11. — Vallée en terrains horizontaux

se soit produite entamant le plateau, cette vallée aura ses flancs formés de reliefs parallèles, les couches dures formant des talus raides ou des corniches, les couches tendres occasionnant des pentes douces.

Si la région est formée de couches de terrain inclinées uniformément en pente douce, les vallées principales

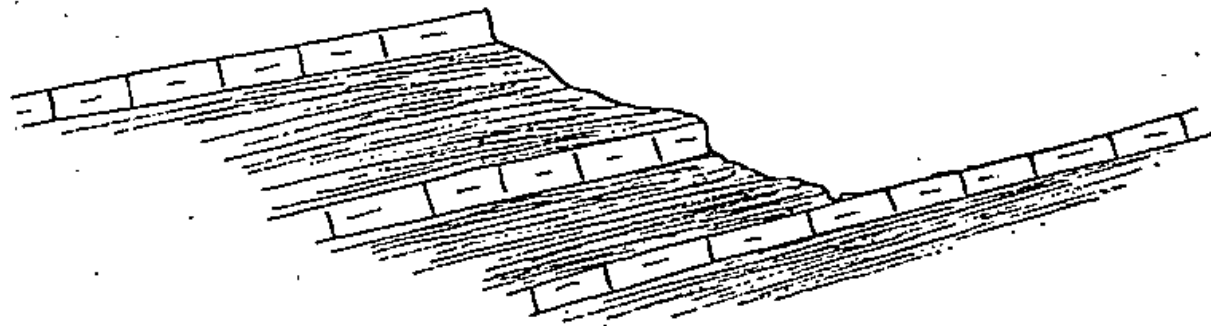


Fig. 12. — Vallée en terrains inclinés en pente douce.

qui se forment ont une direction perpendiculaire à la ligne de plus grande pente des couches géologiques. Les vallées n'ont qu'un flanc qui est en pente douce couronnée par une corniche abrupte; l'autre côté de la vallée est une terrasse inclinée. C'est ce qui a lieu dans notre région et dans tout l'est du bassin de Paris, car toutes les couches pendent régulièrement et faiblement vers la capitale.

Si les terrains sont plissés, nous observerons encore les mêmes phénomènes, à savoir les couches dures formant saillie, les couches tendres donnant des pentes douces; mais, selon l'intensité du plissement et le lieu où l'on se trouve relativement au pli, on a affaire à des vallées analogues à celles des terrains horizontaux, avec corniches; ou bien on aura des murailles, des plateaux, des aiguilles, etc. Les formes du terrain sont plus variées. Le Jura est une région typique à ce point de vue.

Mais non seulement les formes du terrain dépendent de la dureté des couches, elles dépendent encore de la nature des roches qui constituent ces couches. Le granite

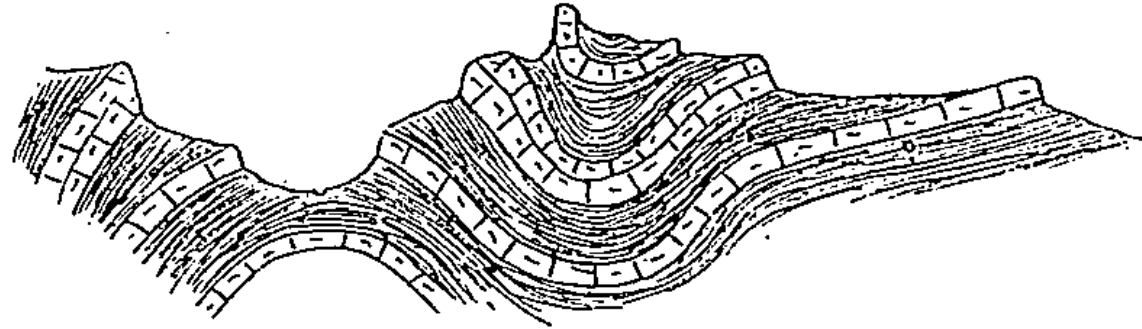


Fig. 13. — Vallées, crêts, murailles, corniches, plateaux en région plissée.

par exemple prend, sous l'action de l'érosion par les agents atmosphériques, des formes arrondies, témoins les ballons des Hautes-Vosges. Les calcaires donnent en général des pentes abruptes, ou des plateaux; des corniches, des murailles, des aiguilles, des crêts (Jura). Les grès et les dolomies, par suite de leur manque d'homogénéité, donnent des roches d'aspect ruiniforme: grès vosgien; dolomies de la Montagne-Noire. Les marnes donnent des pentes douces.

Passons maintenant à l'étude de la seconde loi.

Sitôt que l'architecture ou plutôt la charpente du sol est établie, que les mouvements de terrain ne se produisent plus et que commence une période de calme relatif, les eaux se réunissent en surface dans les endroits les plus bas: c'est alors qu'agit le ruissellement des filets

d'eau, que les ruisseaux et les torrents dégradent leur lit, que les ravins se creusent, que se forment les lacs ; en un mot, que s'établit un *réseau hydrographique*.

Les premiers ruisseaux et les premières rivières sont naturellement dirigés suivant la ligne de plus grande pente des terrains ; mais des roches dures sont bien vite mises à nu, barrant la route des cours d'eau, occasionnant des chutes, des rapides, etc. ; néanmoins, les cours d'eau approfondissent toujours leur cours, tendant vers le point le plus bas qui est celui où ils débouchent dans la mer, où ils atteignent leur niveau de base. Un fleuve a ainsi pour niveau de base le niveau de la mer à son embouchure, et les affluents ont pour niveau de base le niveau du cours d'eau dans lequel ils se jettent, au point confluent ; ce niveau de base est variable, puisque le cours d'eau principal approfondit ou remblaie son lit et il se produit par ce fait des perturbations dans le cours de l'affluent.

Ces quelques mots sur les cours d'eau nous montrent qu'un cours d'eau est pour ainsi dire un être animé qui passe par une série de péripéties, qui en un mot a une vie, comprenant une enfance, une jeunesse, un âge mûr et une vieillesse.

Un cours d'eau dans l'enfance est formé de nombreux tronçons séparés par des lacs ; il cherche encore à s'individualiser, et hésite souvent à se diriger d'un côté ou d'un autre. Dans sa jeunesse, le cours d'eau est impétueux, fougueux, roule des eaux rapides et fait des efforts considérables. Dans l'âge mûr, le cours d'eau tient à conserver et à parfaire son cours ; pour cela il continue à l'approfondir lentement par endroits et le remblaie à d'autres ; enfin le cours d'eau devenu vieux ne coule plus que mollement, se perd en méandres et est incapable de produire aucun travail utile, sa pente étant presque nulle et son bassin devenant une pénéplaine.

Mais un réseau hydrographique, c'est-à-dire un fleuve

avec tous ses affluents, n'est pas seul à la surface du globe, il a des voisins ; or les réseaux hydrographiques voisins se font la guerre, se disputent le terrain, et c'est le cours d'eau qui a le cours le plus abaissé qui remporte la victoire en produisant une sorte d'appel vers lui de toutes les eaux, même de celles des autres réseaux hydrographiques.

Cependant tout le travail de sculpture du terrain a une fin qui arrive lorsque la surface du sol est la plus rapprochée qu'il soit possible du niveau de base, c'est-à-dire lorsque les cours d'eau n'ont plus une vitesse assez grande pour entamer leur lit. Le pays est alors transformé en *pénéplaine*. C'est la fin de l'érosion ; mais ce n'est qu'une fin relative, c'est la fin d'un cycle d'érosion. Au début de l'étude de la seconde loi de l'érosion, j'ai dit en effet : « Sitôt que l'architecture du sol est établie, que les mouvements de terrain ne se produisent plus, et que commence une période de calme relatif... » Cette période de calme relatif peut durer plus ou moins longtemps, mais après, il peut se produire à nouveau des mouvements du sol, des plissements, des effondrements. Des parties de terrain d'abord émergées peuvent être précipitées sous la mer, et se recouvrir de dépôts sédimentaires nouveaux reposant sur les anciens en discordance de stratification⁽¹⁾. Puis ces terrains nouveaux, par un troisième soubresaut ou par mouvement lent, peuvent émerger ; et alors commencera à leur surface un nouveau cycle d'érosion qui évoluera exactement de la même façon que le premier et qui aura pour effet de transformer à nouveau le pays en une *pénéplaine*. Il n'est pas nécessaire du reste, pour qu'un nouveau cycle d'érosion s'établisse, qu'il y ait immersion et nouveaux dépôts de terrain : de simples mouvements ou plissements pro-

(1) Cas où les couches de terrains sédimentaires font entre elles un certain angle.

duits lentement ou brusquement suffisent pour changer complètement un cycle.

Revenons au cycle d'érosion à son début pour étudier plus en détail les phénomènes qui président à son évolution :

Les premiers cours d'eau s'établissent suivant la ligne de plus grande pente des terrains; donc dans le cas de couches sédimentaires légèrement inclinées, les premiers cours d'eau suivront la pente géologique des terrains; mais comme tous les terrains ne sont pas de même dureté, il est certains endroits où les rivières creuseront davantage tandis que le terrain restera presque intact en d'autres lieux. Il arrivera ainsi que la région considérée sera semée de collines ou de ressauts longitudinaux; aussi des rivières secondaires de plus grande importance que les premières nées auront tendance à se produire, dans une direction parallèle aux collines, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction des premiers cours d'eau appelés *cours d'eau conséquents*. Ces rivières seront les *rivières subséquentes*. Puis, le fait de l'approfondissement des cours d'eau et de l'élargissement des vallées créera des cours d'eau suivant la ligne topographique de plus grande pente sur le flanc des vallées et qui s'établiront perpendiculairement aux directions des rivières subséquentes et conséquentes. Ce sont des affluents, des rivières nées en troisième lieu. Si la région est plissée, les phénomènes se passent dans le même ordre et suivant le même mode, mais d'une façon plus intense. On a de grandes vallées parallèles à la direction longitudinale des plis, et les plis sont coupés çà et là par des vallées perpendiculaires peu étendues. C'est le cas du Jura où l'on appelle *combes* les vallées parallèles aux plis et *cluses* les vallées perpendiculaires.

De plus, un grand rôle est joué dans l'établissement et la vie des cours d'eau par les eaux souterraines.

Les eaux de pluie qui tombent sur le sol sont chargées d'acide carbonique retiré de l'atmosphère qu'elles ont traversé; elles ont donc sur le calcaire un pouvoir dissolvant. Si ces eaux tombent sur un plateau de calcaires fissurés, elles empruntent les fissures de ces calcaires pour s'y créer un chemin qu'elles élargissent en dissolvant le calcaire; mais quand elles arrivent à rencontrer une couche imperméable, elles en suivent la pente en se créant encore un chemin qui devient bientôt un canal où coule un vrai cours d'eau souterrain qui, tout comme un cours d'eau de la surface, a ses rapides, ses lacs, ses affluents. Il peut arriver un moment où la voûte de ce canal souterrain n'est plus assez solide et s'effondre, la rivière souterraine déblaye alors son lit et devient une rivière aérienne encaissée entre deux falaises abruptes, comme certaines rivières du Jura (la Loue). Le bassin du Doubs est du reste riche en exemples de ce genre. Le Doubs lui-même a un cours tout à fait irrégulier, se dirigeant pendant la première partie de son cours vers le nord-est, prenant ensuite une direction sud-nord pour arriver à Montbéliard, où il fait un coude brusque pour prendre la direction du sud-ouest et finalement se jeter dans la Saône. Primitivement le Doubs allait se jeter dans le Rhin en continuant à suivre la direction de son cours supérieur, et c'était une autre rivière, dont il ne reste plus qu'un ruisseau à Montbéliard, qui formait le cours inférieur du Doubs actuel et allait à la Saône. Toutefois, il devait exister des communications souterraines entre le Doubs et cette rivière, leur différence d'altitude étant de plus d'une centaine de mètres. Ce cours d'eau souterrain faisant communiquer les deux rivières élargit à un certain moment sa vallée, la voûte qui le recouvrait s'effondra, fut déblayée, et le cours actuel du Doubs se trouva établi.

Ce n'est pas tout; il existe au sud de la vallée inférieure du Doubs une autre rivière, la Loue, dont la source

est la seconde du monde comme débit. Cette source, comme l'ont prouvé les phénomènes qui se sont passés lors de l'incendie de l'usine Pernod de Pontarlier, est alimentée en grande partie par les eaux du cours supérieur du Doubs qui se perdent entre Pontarlier et le Saut du Doubs. Il est bien certain qu'un jour le Doubs, comme autrefois, quittera son cours pour venir suivre celui de la Loue en se créant une vallée nouvelle et au grand jour.

Ces phénomènes de capture de rivières ne se font pas toujours souterrainement; nous avons dans la région lorraine un exemple frappant de rivière détournée : c'est le cas de la Moselle. On suit très bien, sur une bonne carte topographique, une vallée sèche qui part de Toul, passe par le val de l'Ane et vient aboutir dans la vallée de la Meuse en amont de Pagny-sur-Meuse; c'est la vallée de l'Ingressin dont la cote maxima est de 65 m plus élevée que le lit de la Moselle à Toul. Il est hors de doute qu'autrefois la Moselle suivait la vallée de l'Ingressin et se jetait dans la Meuse : ce qui le prouve, ce sont les alluvions de la Moselle rencontrées dans la vallée de la Meuse en dessous des alluvions de la Meuse elle-même. La communication entre la Moselle et la Meurthe s'est produite par un processus sur lequel on n'est pas bien fixé encore mais qui est accidentel, vu l'aspect étroit et encaissé de la vallée de la Moselle entre Fontenoy et Frouard. Il est à remarquer aussi que, dans ce parcours, la rivière coule en sens inverse du pendage des couches de terrain, elle remonte ces couches, phénomène qui s'observe très rarement en pays peu inclinés.

D'autre part, la Meuse nous offre une particularité intéressante au point de vue des bouleversements qui remanient les cycles d'érosion. Pendant la première moitié de son cours, la Meuse coule d'une façon normale sur nos terrains inclinés, c'est-à-dire perpendiculairement au pen-

dage des couches et au bord d'une corniche de terrains durs; mais on ne comprend plus que cette rivière traverse ensuite le massif de l'Ardenne, non seulement plus élevé que la région arrosée précédemment par le fleuve, mais encore constitué par des roches plus dures et des terrains plissés. Il est évident que si, actuellement, une rivière telle que la Meuse se présentait devant une chaîne de montagnes comme l'Ardenne, elle ne la traverserait pas. Mais, au moment où la Meuse accomplissait son premier cycle d'érosion, l'Ardenne n'était pas saillante et le fleuve pouvait se déverser tranquillement dans la mer du Nord qui, du reste, couvrait la plaine belge. Puis l'Ardenne se souleva lentement, à l'époque tertiaire probablement, sans soubresaut, laissant à la Meuse le temps de se frayer un passage à travers elle et de l'approfondir au fur et à mesure de la surrection de la chaîne. On observe, aux environs de Dinant, un cours ancien de la Meuse, à hauteur de la Citadelle, où des cailloux roulés de calcaire amenés par la Meuse se trouvent à une cote plus élevée que ne le sont ces calcaires dans la haute vallée du fleuve, en France. C'est une preuve certaine que l'Ardenne s'est soulevée encore depuis cette époque.

Nous avons donc passé très sommairement en revue les différents phénomènes d'érosion; il est intéressant, en terminant, de voir les résultats qu'ils ont donnés dans la région lorraine.

Aperçu sur le pays lorrain

Pour commencer cet aperçu par les terrains les plus anciens, il convient de faire remarquer tout d'abord que la Lorraine repose sur une ancienne pénéplaine qui allait de l'Ardenne aux Vosges inclusivement. Toute cette région était horizontale ou presque horizontale à l'époque du permien supérieur, au début de l'époque secondaire,

puis elle a été légèrement plissée pendant les époques secondaire et tertiaire.

Le pays lorrain est une région de terrains inclinés et comme telle elle doit être formée de plateaux ou terrasses inclinées vers Paris, et dont les bords Est forment corniches au-dessus des vallées concentriques au bassin de Paris.

On peut diviser la région lorraine en plusieurs parties ayant chacune un caractère géologique spécial; nous verrons que leurs caractères topographiques aussi sont spéciaux; mais auparavant, il convient de donner la coupe générale des terrains sédimentaires qui affleurent dans cette région, en indiquant seulement ceux qui sont durs et ceux qui sont tendres, puisque c'est surtout de ces deux caractères que dépendent les formes du terrain.

Jurassique .	Jurassique supérieur. . .	Rauracien, calcaire, dur.
		Oxfordien supérieur, calcaire, dur.
		Oxfordien inférieur, marneux, tendre.
	Dogger. . . .	Callovien, marneux, tendre.
		Bathonien, calcaire-marneux, plus ou moins dur.
		Bajocien, calcaire, dur.
		Tarcién, tendre.
	Lias.	Charmouthien supérieur, calcaire gréseux, dur.
		Charmouthien inférieur et moyen, tendre.
		Sinemurien, tendre, dur à la partie inférieure.
Hettangien, dur.		
Rhétien supérieur, tendre (marnes de Levallois).		
Trias.	Rhétien inférieur, grès, dur.	
	Keuper, marnes irisées, tendre.	
	Muschelkalk, calcaire et marnes, peu dur.	
	Grès bigarré, peu dur.	
	Grès vosgien, dur.	

Nous pouvons voir *a priori*, d'après la dureté des terrains, ceux qui feront saillie, qui formeront des plateaux. Ce sont : le *grès vosgien*, le *muschelkalk*, le *rhétien*, le *sinémurien inférieur*, le *charmouthien supérieur*, le *baïocien*, l'*oxfordien-rauracien*.

Enfin il faut ajouter à cette énumération de terrains les terrains d'alluvion des rivières qui forment des terrasses aux environs de Lunéville, et donnent au fond des vallées un aspect tout à fait plat.

J'ai joint à cette conférence une planche qui donne une coupe de tous les terrains depuis Klein-Rosseln près de Sarrebruck jusqu'à Commercy (planche II). On suivra sur cette coupe tous les terrains, toutes les corniches et les différentes régions géologiques de notre pays.

Les *Vosges* sont divisées par les géographes en deux régions : les Hautes-Vosges et les Basses-Vosges. Les géologues font la même distinction : ce sont les *Vosges cristallines* formées par des roches éruptives anciennes : granites, granulites, porphyres, et les *Vosges gréseuses* qui correspondent aux Basses-Vosges et sont formées des grès permien et vosgien.

Les Vosges cristallines sont caractérisées par leurs sommets arrondis ou *ballons*, tandis que les Vosges gréseuses sont caractérisées par des montagnes plates au sommet, souvent couronnées d'une corniche ruini-forme de rochers de grès vosgiens et dont les pentes sont assez abruptes.

Il est à remarquer qu'en allant vers le nord et le nord-ouest, les Vosges s'abaissent progressivement ; c'est l'effet du soulèvement des Vosges qui a produit une double pente dans les terrains, d'une part pente vers le golfe d'entre Vosges et Ardenne ou golfe de Sarrebruck, d'autre part pente vers le bassin parisien. Le versant de l'est des Vosges, très abrupt, s'explique par le brusque effondrement de la vallée du Rhin survenu à l'époque tertiaire.

Mais, si les grès vosgiens s'enfoncent progressivement, nous devons trouver en cheminant des Vosges vers le nord-ouest des terrains de plus en plus récents et nous devons nous attendre à voir les régions topographiques former des bandes concentriques de terrain, bandes à convexité tournée vers le bassin de Sarrebruck.

Dans les grès vosgiens, il faut aussi faire rentrer le grès bigarré. Au-dessus de ces terrains viennent le muschelkalk et le keuper : ces deux terrains donnent des reliefs à peu près comparables ; ils forment une bordure autour des Vosges et du Hundsrück. J'appellerai cette région *région keupérienne* peu propre à la culture, mais assez riche au point de vue industriel puisque le keuper renferme du sel, du gypse ou pierre à plâtre, et même à certains endroits (Gemmelaincourt) du lignite, combustible pouvant remplacer la houille.

Au point de vue topographique, cette région a pour principal caractère de ne pas en avoir du tout, elle est assez difficile à caractériser, cependant on peut dire que, en général, les vallées sont larges, les cours d'eau nombreux et petits, grossissant vite au moment des pluies, car le sol est imperméable, les étangs aussi sont nombreux ; enfin les collines sont peu élevées, et les formes du terrain sont arrondies avec pentes douces.

La *bande keupérienne* est très élargie, elle est limitée sensiblement à l'est par une ligne brisée allant d'Épinal à Badonviller et Cirey ; à l'ouest par une ligne allant de Lamarche (Vosges) à Faulquemont (Lorraine) en passant par Mirecourt, Charmes, Rosières-aux-Salines, Arracourt et Château-Salins.

Entre cette région et la région des côtes de la Moselle, s'étend une région que j'appellerai *région liasique* et qui est un peu différente de la précédente, quoique s'en

rapprochant encore par plusieurs points, c'est-à-dire par la diversité des vallées et du pays où il n'y a pas encore d'orientation bien nette de la topographie. Cependant, dans cette région, on voit apparaître des reliefs plus accentués, des corniches ou des talus formés par le grès infra-liasique (rhétien); mais les sommets sont encore peu élevés, les vallées à flancs adoucis; cependant la forme en terrasses des plateaux commence à apparaître.

En résumé, on se trouve encore en présence d'une plaine assez ondulée avec quelques terrasses en pente

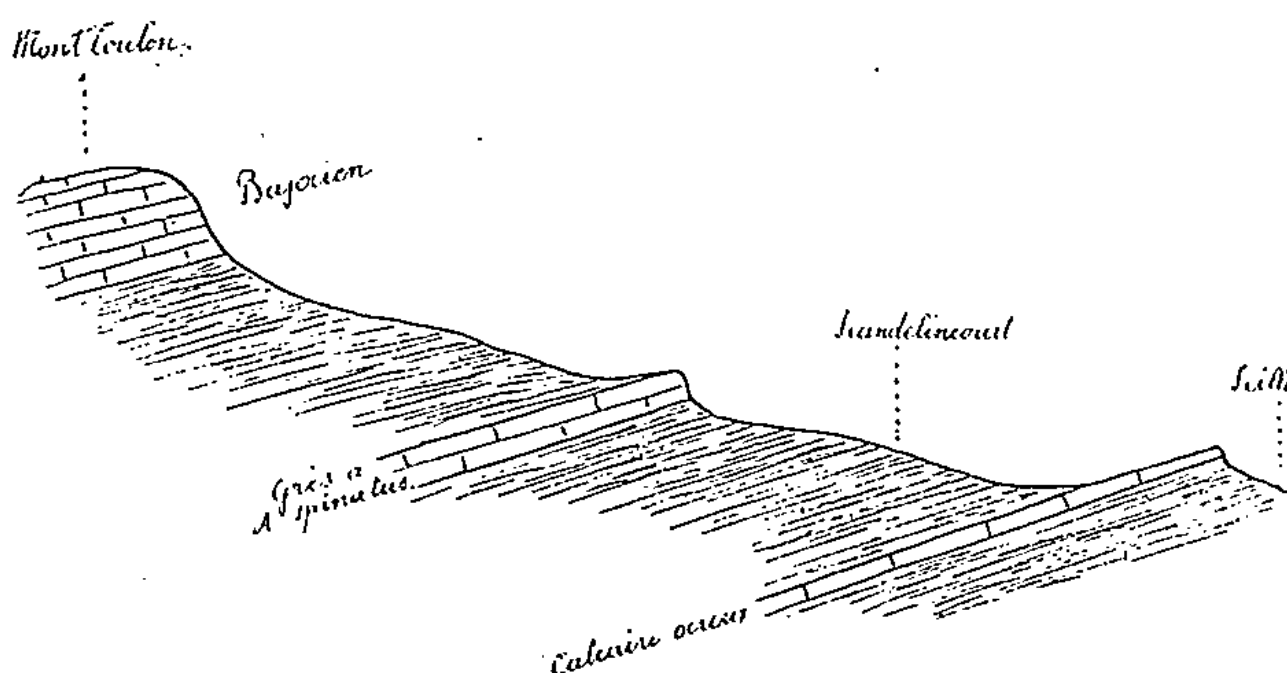


Fig. 14. — Flanc ouest de la vallée de la Seille à Jeandelaincourt.

douce : terrasse du sinémurien inférieur ou calcaire à gryphées; terrasse du sinémurien supérieur ou calcaire ocreux. Ces terrasses sont visibles surtout dans la vallée de la Seille.

Puis vient la région des *collines bajociennes* isolées sur la rive droite de la vallée de la Meurthe depuis Nancy et de la Moselle jusqu'à Metz.

Ces collines comprennent deux corniches et deux terrasses : une qui est dans le lias, la terrasse et corniche du charmouthien supérieur ou *grès à A. spinatus*, l'autre qui est bajocienne et forme la corniche et la terrasse du sommet des collines.

Les collines ont des pentes plus raides, à plusieurs échelons et sont élevées, allant jusqu'à la côte 400. Le plateau de Malzéville en donne un exemple bien net ainsi que la côte du mont Toulon à Jeandelaincourt. Cette région n'est pas bien étendue, mais on doit lui rattacher la région des collines de la rive gauche des mêmes rivières, en faisant remarquer toutefois qu'il faut se limiter au sommet de leur dernière corniche, car c'est là que commencent, avec le bathonien, le plateau de la Haye et celui de la Woëvre qui vont jusqu'aux côtes de Meuse.

La *Haye* et la *Woëvre* forment un vaste plateau froid et peu habité, cependant fertile en certains endroits; mais la plus grande partie des terrains qui y affleurent : bathonien, callovien et oxfordien inférieur, sont argileux et imperméables, aussi la région est-elle semée d'étangs et de forêts.

Il serait très intéressant d'entrer dans de très amples détails au sujet de chacune de ces régions, il serait, par exemple, très instructif d'expliquer par la géologie ou l'érosion les moindres détails topographiques. J'en ai donné un aperçu vague en parlant de quelques terrasses et des variations de pente des collines. Je ne puis m'étendre davantage.

En résumé, j'ai cherché à montrer ce qu'est la géologie, quelles sont ses relations avec les autres sciences et surtout avec la géographie, j'espère avoir montré aussi, sans cependant en parler, que la géologie était de quelque utilité pour la topographie; je crois aussi que la connaissance géologique des terrains pourrait être souvent un guide dans l'établissement de lignes de défense, car j'ai la conviction qu'il n'est pas de meilleure ligne de défense que les lignes naturelles; sous ce rapport, notre région lorraine est particulièrement bien partagée. Ces collines bajociennes de la rive droite de la Moselle sont des points avancés d'où l'on domine vers l'est une vaste plaine, et les

collines de la rive gauche sont des positions défensives excellentes. Ajoutons à cela que les terrasses inclinées forment des glacis naturels pour les forts et nous aurons jeté un regard vers un point d'utilité de la géologie et de la géographie physique.

H. JOLY,
Sous-lieutenant de réserve
au 79^e régiment d'infanterie.
