

quels appartiennent diverses variétés d'*obsidienne* et de *ponce*.

Roches basiques. — Les principales roches basiques granitoïdes sont les anciens *grünsteins* ou roches vertes, c'est-à-dire : la *diorite*, association, agréable à l'œil, de feldspath blanc mat et d'amphibole fibreuse d'un vert noirâtre; la *diabase*, où l'amphibole est remplacée par le pyroxène et qui, avec une texture plus compacte, forme dans les terrains anciens de nombreux filons d'une roche verte très dure, excellente pour l'empierrement (*bizeul* du Cotentin et de la Bretagne); l'*euphotide* de Toscane et le *gabbro*, où le minéral basique est formé surtout de *diallage*, variété de pyroxène en lamelles bronzées; enfin l'*ophite*, roche verte pyrénéenne à diallage, feldspath et amphibole, dont la texture est intermédiaire entre l'état granitoïde et l'état trachytoïde.

Le type porphyrique est représenté par le *porphyre vert antique*, où des cristaux, souvent croisés, de labrador, ressortent en blanc verdâtre sur une pâte compacte d'un vert foncé.

La texture compacte, avec éléments vitreux, se montre dans les *mélaphyres* et les *trapps*, mais surtout dans les *basalles*, roches noires dures, à la composition desquelles le périclote et le fer magnétique prennent une part importante, et qui se sont épanchées en grandes coulées régulières. Lorsque ces coulées ont pris l'état solide, le retrait y a fait naître en tous sens des fentes qui ont découpé la masse

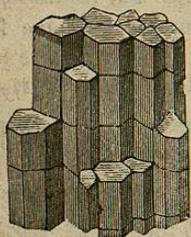


Fig. 32. — Colonnade basaltique.

en prismes habituellement à six pans (fig. 32). Ces prismes, isolés et mis en évidence par les érosions, forment les *orgues géologiques* du Puy et du Cantal, les *chaussées des géants* de divers pays, les *colonnades* de la grotte de Staffa, etc.

Aux roches basiques se rattachent étroitement les *serpentines*, formées d'un minéral tendre, silicate de magnésie hydraté, qui paraît résulter de l'altération de masses originaires riches en périclote.

Beaucoup de roches éruptives ont donné naissance à des *tufs*, semblables à ceux des volcans actuels. Le cas est fréquent

pour les *porphyrites*, dont les tufs s'enchevêtrent, en quelque sorte, avec les sédiments terrestres ou marins du même âge. Souvent aussi les coulées de porphyre quartzifère sont accompagnées de tufs, tantôt solides, tantôt argileux comme les *argilolites* du val d'Ajol dans les Vosges. Des tufs plus récents, subordonnés aux épanchements d'andésite et de basalte, s'observent dans le massif du Cantal, où ils contiennent de nombreux fragments anguleux de diverses roches. Les tufs abondent en Sicile et en Islande, où on les désigne sous le nom de tufs *palagonitiques*, à cause de la *palagonite*, silicate fusible et hydraté d'alumine, de fer et de diverses autres bases, qui en est l'élément principal.

§ 3

ROCHES SÉDIMENTAIRES

Principales variétés de sédiments détritiques. — L'étude des phénomènes actuels nous a montré que, parmi les formations sédimentaires, il y avait lieu de distinguer les dépôts *détritiques* (appelés aussi *clastiques* ou fragmentaires), provenant de la destruction mécanique de roches préexistantes, et les dépôts d'origine *organique* ou *chimique*. Commençons par les premiers et voyons tout d'abord ce que doivent devenir, lorsqu'ils sont soumis à la trituration dans l'eau, les éléments des roches silicatées les plus communes.

Le quartz se divise en fragments qui forment des *sables* plus ou moins grossiers, à grains roulés; les plus petites esquilles quartzieuses, pouvant demeurer en suspension dans les eaux agitées, se déposent plus loin du rivage, en sables fins à grains anguleux d'une remarquable uniformité. Le feldspath donne d'abord des fragments cristallins lamellaires, mais se réduit à la longue, en perdant ses alcalis, en une bouillie *argileuse*; quant au mica, ses paillettes, à peine altérées, se retrouvent, suivant les cas, associées au quartz ou à l'argile, plus fréquemment à cette dernière; car leur grande légèreté leur permet de flotter jusque dans les eaux qui tiennent en suspension des particules de vase.

De la sorte, il y a deux grandes classes de formations détritiques : les dépôts *arénacés*, c'est-à-dire de la nature des sables, et les dépôts *argileux*.

Sédiments arénacés. — Les sédiments *arénacés* peuvent être *meubles*, comme les *sables*, *graviers* et *galets*. Ils peuvent aussi être agglomérés, s'il s'est développé, postérieurement à leur dépôt, dans les interstices de leurs éléments, par suite d'une longue circulation d'eaux minérales, un *ciment* siliceux, calcaire ou ferrugineux. Dans ce cas, les sables et les graviers deviennent des *grès*, parfois des *quartzites* (quand le ciment siliceux a agi avec assez d'énergie pour faire disparaître les contours des grains de quartz et donner à l'ensemble l'apparence d'une texture uniforme). Par la même action, les galets se changent en *poudingues*, les dépôts de cailloux anguleux en *brèches*, les deux variétés pouvant être rangées d'ailleurs sous la commune dénomination de *conglomérats*. On donne le nom d'*arkoses* à des grès grossiers fortement cimentés, mais où les éléments, qui souvent sont ceux mêmes du granite, à peine modifiés, sont restés bien reconnaissables. Dans les *grès micacés*, les paillettes de mica se concentrent d'habitude sur les plans de stratification. Il en résulte des grès fissiles, dits *psammites*, qui se cassent de préférence suivant les surfaces micacées.

Sédiments argileux. Schistes, marnes. — Les sédiments argileux, sous leur forme usuelle, donnent les *argiles* proprement dites, constituées par des grains impalpables de silicates hydratés d'alumine. Ce sont de véritables *vases*, à peu près inattaquables par les acides, happant à la langue à cause de leur avidité pour l'eau, et où la dessiccation fait naître de nombreuses fentes de retrait.

Les argiles sont tantôt massives, tantôt divisées en lits minces ou *feuilletées*. Celles des terrains les plus anciens ont été, en général, durcies par l'action de la chaleur et des infiltrations siliceuses. Elles se distinguent par la facilité avec laquelle on les partage par le choc en feuillets parallèles. A cet état les argiles se nomment *schistes* ou *phyllades*. Les phyllades durs en lits très minces fournissent les *ardoises*. Quelquefois la fissilité des schistes résulte des conditions mêmes de leur dépôt et des variations correspondantes du grain ; mais souvent aussi les

plans de *clivage*, c'est-à-dire ceux suivant lesquels se débitent les ardoises, sont obliques sur la véritable stratification, et l'expérience montre qu'ils ont été produits par une compression énergique, qui a poussé les phyllades suivant une direction différente du plan des couches.

Les schistes carbonneux tachant les doigts sont connus sous le nom d'*ampélites*.

Le mélange de l'argile avec du calcaire donne des *marnes*, faisant avec les acides une effervescence plus ou moins marquée, et qui peuvent être massives, noduleuses, schisteuses ou gréseuses.

Dépôts organiques, calcaires. — De tous les dépôts organiques, les plus importants sont les *calcaires*, caractérisés par leur faible dureté (le carbonate de chaux cristallisé se raye facilement au canif) et par l'effervescence qu'ils font avec les acides, l'acide carbonique se dégageant alors sous la forme gazeuse. On y distingue :

Les *marbres*, dans lesquels le calcaire, en grains ou en lamelles, est cristallisé, tantôt pur (marbres saccharoïdes de Paros et de Carrare), tantôt micacé (cipolins), tantôt souillé de matières diverses (marbres communs noirs, gris, etc.), ou mélangé de noyaux argileux verts ou rouges (marbre griotte, marbre de Campan) ; les calcaires compacts, à cassure fine et *lithographique* ; les calcaires *oolithiques*, en grains concrétionnés, à enveloppes concentriques, dont nous avons déjà parlé à propos des récifs coralliens et qui, avec une finesse de grain très variable, fournissent en France (Lorraine, Berry, Poitou) de très belles pierres de construction ; les calcaires à *entroques*, formés d'une accumulation de débris de tiges et d'articles de crinoïdes ou de radioles d'oursins ; les calcaires à *polypiers* ; les *lumachelles*, constituées par une agglomération de coquilles d'huitres à reflets nacrés ; les calcaires *grossiers*, où le carbonate de chaux est mélangé de matières diverses, souvent de grains de quartz ou de granules de *glauconie* (hydrosilicate de fer et de potasse) ; les calcaires à *foraminifères*, notamment à *nummulites*, à *miliolites*, à *alvéolines*, pétris d'enveloppes calcaires des petits êtres correspondants ; les calcaires *siliceux*, les calcaires *marneux*, c'est-à-dire mélangés d'argile, et fournissant la chaux hydraulique.

lique et les ciments; enfin la *craille*, roche blanche, traçante, où des enveloppes de globigérines et d'algues microscopiques sont associées à des grains amorphes de carbonate de chaux.

A cette énumération on peut ajouter certaines marnes lacustres, presque entièrement formées par des carapaces de petits crustacés d'eau douce.

Tripolis, combustibles. — Les *Tripolis* ou *farines siliceuses*, remarquables par la finesse de leur grain, sont constitués par des myriades de frustules de diatomées ou algues élémentaires. La composition de ces frustules est celle de la silice hydratée ou opale commune.

Les *combustibles minéraux* comprennent la *tourbe*, le *lignite*, la *houille* ou *charbon de terre*, plus riche en carbone, et l'*anthracite*, dernier terme de la transformation de la matière végétale. Il y faut ajouter le *bitume* et l'*asphalte*, combinaisons de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, produites par l'oxydation plus ou moins avancée des huiles minérales.

La houille, même la plus compacte, conserve encore des traces d'organisation qu'on peut mettre en évidence, soit au microscope, soit à l'aide de réactifs chimiques. Elle se montre formée de fragments végétaux, feuilles, écorces et tiges, comprimés et parvenus à divers degrés d'altération. Ceux qui ont le mieux résisté proviennent de *cuticules*, c'est-à-dire de couches épidermiques; on retrouve souvent les cuticules presque intactes dans certains lits de combustibles, notamment en Russie.

Dépôts chimiques. — Les principaux dépôts chimiques sont le *sel gemme*, qui forme des veines et des couches de puissance variable au milieu d'argiles; le *gypse* ou sulfate de chaux hydraté, généralement grenu, quelquefois même comme du sucre (gypse saccharoïde), ou cristallisé en lamelles, et se montrant en masses stratiformes qui, la plupart du temps, paraissent dériver de l'assèchement d'anciennes lagunes maritimes; l'*anhydrite* ou sulfate de chaux anhydre, qui se présente dans des conditions analogues; les *travertins lacustres*, ou calcaires déposés par des sources, en couches compactes, assez souvent cavernueuses; les *meulrières*, soit compactes, soit cariées, qui proviennent de la transformation, par des infiltrations siliceuses, d'anciens calcaires lacustres.

Nous y rangerons également les *dolomies*, composées de carbonate double de chaux et de magnésie et qui, presque toutes, semblent devoir être considérées comme d'anciennes masses calcaires, progressivement enrichies en magnésie par voie d'infiltration. Enfin il ne faut pas oublier les dépôts de *minerais de fer*, spécialement ceux de *limonite* ou peroxyde hydraté, si abondants, sous forme de couches régulières, dans l'écorce terrestre, et ceux de *fer carbonaté*, répandus au sein des terrains houillers, non plus que les *argiles réfractaires*, silicates d'alumine hydratés et très purs, qui s'isolent en amas au milieu de sables blancs.

Dépôts concrétionnés. — La plupart des dépôts chimiques et organiques, s'étant formés au milieu d'eaux tranquilles, participent, à un degré plus ou moins marqué, de la disposition des terrains sédimentaires. Du reste, il y a peu de sédiments qui, sous leur forme actuelle, n'aient aussi quelques droits à figurer parmi les formations chimiques; car ce sont des phénomènes d'ordre chimique qui ont transformé en roches solides des dépôts originairement meubles. De plus, beaucoup de sédiments se sont modifiés d'eux-mêmes, dans le cours des âges, par suite de la concentration progressive de certains éléments autour de centres particuliers d'attraction formés, soit par des particules minérales, soit par des corps organisés en décomposition. L'expérience nous enseigne qu'une masse pâteuse hétérogène, quand on cesse de la pétrir, ne tarde pas à perdre l'uniformité de sa composition et que les substances de même nature tendent à s'y grouper en concrétions noduleuses. C'est ainsi que, dans les calcaires où, à l'origine, le carbonate de chaux était intimement mélangé de particules si-

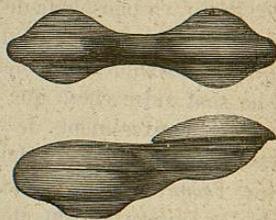


Fig. 33. — Rognons de ménilite.

liceuses, celles-ci se sont peu à peu séparées en donnant naissance aux rognons de *silex* ou pierre à fusil, particulièrement abondants au milieu de la craie. D'autres fois, c'est de la silice hydratée qui s'est isolée dans une marne, produisant les concrétions connues aux environs de Paris sous le nom de *ménilite* (fig. 33). Dans de nombreuses argiles calcarifères, l'élément cal-

caire s'est concentré en nodules, dont la surface s'est plus rapidement consolidée que l'intérieur. Aussi les progrès de la dessiccation de ces nodules ont-ils amené la formation de fentes et d'espaces creux, qui plus tard se sont tapissés de cristaux divers. On donne à ces rognons cloisonnés le nom de *septaria*.

Fossiles. — Les considérations qui précèdent nous amènent à parler des *fossiles*, c'est-à-dire des restes animaux ou végétaux qu'on trouve au milieu des dépôts sédimentaires, dans la substance desquelles ils se sont le plus souvent transformés. Ce sont les débris des êtres contemporains du dépôt des couches et tombés ou demeurés sur le fond après la mort des individus. Quand la chute et l'enfouissement ont eu lieu au sein d'une vase imperméable, non seulement la substance des coquilles, mais la couleur et certaines parties de la matière organisée, ont pu se conserver sans qu'il y ait eu d'autre altération que l'aplatissement causé par la pression des couches supérieures. Mais le plus souvent la roche encaissante a laissé circuler des infiltrations. Tantôt celles-ci ont dissous les coquilles, laissant à leur place un vide dans lequel on peut, avec de la cire, prendre l'*empreinte* du test disparu. Tantôt le vide intérieur s'est rempli d'une matière compacte qui en a pris le *moule* interne; tantôt enfin les infiltrations ont transformé la substance même de la coquille en calcaire cristallin, en silice, en oxyde de fer, en phosphate de chaux, etc. Cette transformation a pu affecter des produits autres que les coquilles ou les ossements; par exemple, il y a des nodules de phosphate de chaux qui ne sont autre chose que le résultat de la fossilisation de *coprolithes* ou excréments de vertébrés.

Assez souvent les traces de pas des vertébrés ont pu se conserver, l'*empreinte* laissée dans une couche d'argile par les pieds des animaux ayant été remplie, avant d'être oblitérée, par du sable qui s'y est consolidé ultérieurement. La même chose est arrivée plus d'une fois pour des trous de vers dans la vase, pour des traces de clapotement des vagues sur une plage et même pour les marques produites par des gouttes de pluie sur la surface d'un terrain sans consistance.

Roches métamorphiques. — Les dépôts sédimentaires, lorsqu'ils sont traversés ou recouverts par des roches éruptives, se

montrent souvent modifiés dans leur composition ou leur structure. Quand cette modification n'est due qu'à la chaleur de la roche injectée, elle ne se manifeste que sur une zone très limitée, ce qu'on pouvait prévoir d'après la faiblesse de l'action calorifique exercée à distance par les laves modernes. Sur quelques centimètres, les grès se fendillent et les calcaires durcissent, tandis que les argiles non réfractaires subissent une fusion partielle, qui les transforme en *porcelanites* ou *thermantides*.

Il en est autrement lorsqu'il s'agit de roches porphyriques et surtout granitiques, à la formation desquelles on peut admettre que les dissolvants ou, tout au moins, les eaux et les vapeurs chaudes sous pression, ont pris une part notable. Dans ce cas, la modification, connue sous le nom de *métamorphisme*, se fait sentir à plusieurs centaines de mètres du contact. Ainsi, au voisinage du granite et de la granulite, les schistes deviennent d'abord gaufrés, puis noduleux, par suite d'un mouvement moléculaire qui concentre en certains points, en la durcissant, la matière colorante charbonneuse de la roche. Plus près du contact, les nodules s'individualisent en petits cristaux prismatiques de *macle* ou *chiastolite*, silicate d'alumine à peu près pur, résultant de la cristallisation du silicate alumineux des schistes, qui deviennent ainsi *maclifères*. Enfin, au contact même, de nombreuses paillettes de mica noir se développent dans la roche, où pénètrent en même temps de très fines veinules de matière granitique. Tout massif de granite, injecté à travers des schistes, possède ainsi son *auréole métamorphique*, parfois large de 700 à 800 mètres.

Avec les calcaires, le métamorphisme produit sous l'influence des granites se traduit par une sorte de mélange du carbonate de chaux et des silicates granitiques. De là résultent de nouveaux minéraux, silicates d'alumine, de chaux et de fer, parfois de magnésie, dont les *grenats*, dits *grossulaire* et *mélanite*, sont les plus fréquents.

Les roches schisteuses qui ont été exposées, lors de la formation des montagnes, à des compressions énergiques, manifestent un métamorphisme du même genre. Il semble que, sous l'influence de la chaleur développée, l'humidité des roches ait

dû suffire pour provoquer une cristallisation partielle. Dans les mêmes conditions, les calcaires peuvent devenir des marbres très cristallins.

§ 4

PRINCIPES DE LA STRATIGRAPHIE

Notion de l'âge relatif. — Il ne suffit pas au géologue d'avoir défini la nature d'une formation, sédimentaire ou éruptive, et sa tâche n'est nullement achevée quand il a reconnu, par exemple, que tel dépôt doit être rangé parmi les calcaires oolithiques ou que tel massif d'épanchement appartient à la catégorie des granites. Il faut encore préciser l'âge de ces formations, non pas l'âge absolu, évalué en nombre d'années, ce qui n'est pas possible dans l'état actuel de la science, mais l'*âge relatif*, c'est-à-dire le rang occupé par la roche massive ou le sédiment dans la série générale des terrains dont se compose l'écorce terrestre. Cette détermination, qui fait l'objet de la *stratigraphie*, repose sur un ensemble de règles qu'il convient d'énumérer ici.

Dépôts sédimentaires. Principe de superposition. — Pour les dépôts sédimentaires (à supposer qu'il s'agisse de terrains qui n'ont pas subi de renversement), la *superposition* fournit un *criterium* certain de l'âge relatif. Tout sédiment est plus jeune que ceux qu'il recouvre et qui formaient le fond sur lequel il s'est déposé. Si donc, en un point donné du globe, on pouvait percer un puits vertical jusqu'à la croûte primitive et noter la succession des dépôts traversés, on connaîtrait, par cela même, toute la série des événements qui ont influencé, en ce point, la marche de la sédimentation. On verrait les grès céder la place aux argiles et celles-ci aux calcaires, ou réciproquement; on s'assurerait, par le genre des coquilles enfouies, que le dépôt s'était accompli tantôt sur un rivage, tantôt sous la haute mer, et parfois on constaterait que le régime marin avait, momentanément ou pour toujours, fait place à des formations d'estuaire, d'eau douce ou même continentales.

Lacunes. — Mais si l'on peut ainsi, en profitant des carrières, des tranchées de chemins de fer, des travaux de mines et des

sondages profonds, dresser une énumération très exacte des phénomènes sédimentaires successifs, on ne saurait cependant se flatter d'en obtenir partout la série complète. Plus d'une fois, en effet, le jeu de l'érosion a pu faire disparaître, en un point donné, entre deux périodes de dépôt, une certaine épaisseur de sédiments, de telle sorte que la succession offrira des *lacunes*. De plus, il s'est produit peut-être des émergences plus ou moins prolongées, pendant lesquelles la sédimentation, même d'eau douce, a été interrompue. Encore à supposer qu'aucune émergence n'ait eu lieu, comme nous savons qu'il est des cas où le fond de la mer ne reçoit pas de dépôts, il peut se faire que sans qu'un seul sédiment ait disparu, il y ait du moins une ou plusieurs lacunes dans la *représentation sédimentaire* de la série des événements, dont quelques-uns, très importants par leur influence sur les contrées voisines, n'auraient dans ce cas, au point considéré, rien qui leur correspondit.

Ce n'est donc pas à l'aide d'observations faites le long d'une seule verticale qu'on doit essayer de reconstituer l'histoire ancienne du globe; c'est par la comparaison des résultats de ce genre, obtenus sur le plus grand nombre possible de points.

Principe de continuité. — Mais ici se présente une difficulté grave, qui tient au caractère essentiellement local de la composition minéralogique dans les sédiments. Toute région de sédimentation est un ancien *bassin*, maritime ou lacustre, qui était limité par des rivages et dont l'histoire a dû différer de celle

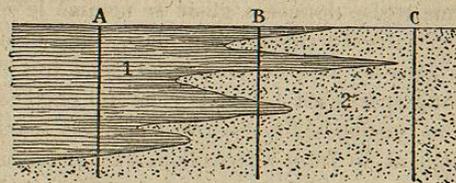


Fig. 34. — Passage d'un sédiment vaseux 1 à un sédiment arénacé 2.

des bassins plus ou moins éloignés. Même, dans l'intérieur d'un bassin donné, les dépôts changeaient soit avec la nature de la côte, soit avec la distance au rivage. D'après cela, une couche d'argile, par exemple, se transforme peu à peu, dans une direction déterminée, et passe latéralement à un sable ou à un cal-

caire. Un dépôt donné ne représente donc qu'un *épisode local*. La suite de ces épisodes, c'est-à-dire l'histoire géologique, si on la déduit d'un puits percé en A (fig. 34), à travers une couche puissante d'argile, différera sensiblement de celle qu'on établirait à l'aide d'un sondage fait en B, où l'argile alterne avec du sable, et plus encore en C, où l'élément arénacé domine sans partage. Aussi importe-t-il de trouver certains caractères qui permettent d'établir le *synchronisme* des dépôts de natures diverses, ou, comme on dit, des *facies* divers que peut revêtir une même époque sédimentaire.

Le premier de ces caractères est la *continuité* des assises. Partout où leur transformation latérale peut être suivie pas à pas, il est permis d'admettre que le dépôt a été simultané. Malheureusement l'état de la surface rend cette constatation souvent impossible et elle est très difficile dans les pays disloqués, où fréquemment des cassures interrompent les assises et les font buter contre d'autres tout à fait différentes (fig. 35). Une

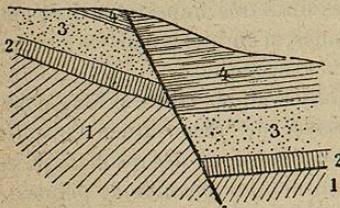


Fig. 35. — Exemple de faille.

cassure qui sépare deux massifs, dont l'un a glissé, relativement à l'autre, sur le plan de la fente, s'appelle une *faille* et la quantité dont une assise donnée a glissé se nomme le *rejet* de la faille. La rencontre d'accidents de ce genre, aussi habituels que compliqués dans les pays de montagnes, rend très malaisé le rôle du *stratigraphe*, c'est-à-dire de celui qui cherche à suivre les *strates* ou couches sédimentaires et à tracer leurs *affleurements*, autrement dit leurs intersections avec la surface du sol.

Emploi de l'argument paléontologique. — C'est alors qu'intervient avec grande efficacité l'*argument paléontologique*. Chaque sédiment, avons-nous dit déjà, contient d'ordinaire, à l'état de fossiles, les restes plus ou moins reconnaissables des êtres contemporains de son dépôt. D'autre part, l'étude de ces êtres du passé ou la *paléontologie* nous enseigne que la population organique n'a cessé de se renouveler, à la surface du globe comme

dans les profondeurs des mers; qu'à chaque époque correspondent des types spéciaux, de plus en plus éloignés de la nature actuelle à mesure qu'on remonte le cours des âges; enfin que le tout forme une série vitale parfaitement ordonnée, où il n'y a ni lacunes ni retours en arrière.

Les sédiments marins ayant beaucoup plus d'étendue que les dépôts d'origine continentale, c'est surtout aux faunes océaniques que ce *criterium* doit être appliqué, d'autant mieux que le milieu marin, par sa masse et sa profondeur, est moins exposé aux variations accidentelles qui peuvent influencer sur les êtres terrestres. Sans doute il y a des animaux propres à chaque nature de dépôts, c'est-à-dire des espèces qui fréquentent les eaux limpides, tandis que d'autres préfèrent les sédiments vaseux et d'autres encore les plages arénacées. Mais à côté, si l'on se tient à une certaine distance du rivage, on trouve des animaux qui habitent surtout la haute mer et dont les dépouilles, qu'elles tombent sur le fond ou que le flot les rejette à la côte, ont une signification paléontologique beaucoup plus générale que celle des coquilles littorales. Ce sont des êtres *pélagiques*, qui deviennent d'excellents moyens d'assimilation à distance pour les sédiments marins et, grâce à l'emploi judicieux de ce caractère, la succession des couches stratifiées acquiert chaque jour plus de précision. Par exemple, il est telle *ammonite* dont la rencontre, que le dépôt encaissant soit un calcaire, une argile ou un grès, est absolument décisive pour la détermination de l'âge relatif.

La méthode paléontologique permet de trancher, l'une après l'autre, la plupart des difficultés causées par le bouleversement des couches, et certaines anomalies, dont les stratigraphes cherchaient vainement la clef, ont été résolues par le seul secours des fossiles, animaux ou végétaux; car la méthode s'applique également, avec les précautions convenables, aux dépôts d'origine continentale.

Établissement des divisions. Discordances. — Le synchronisme des assises ayant été établi par le concours de la stratigraphie et de la paléontologie, il reste à les grouper, pour en constituer des divisions homogènes, qui partagent en périodes équivalentes la durée des temps géologiques. La succession des

épisodes locaux observés en un point fait connaître une *histoire régionale*. Sans prétendre que toutes les histoires de ce genre puissent rentrer dans le même cadre, il importe de les comparer les unes aux autres et d'en tirer les éléments d'une *chronologie* relative, applicable au globe tout entier.

Pour cela, il faut être en mesure d'apprécier la valeur des *lacunes* observées. Il y a des cas où ces lacunes sont considérables et nettement accusées par la disposition des dépôts, lorsque des couches horizontales ou peu inclinées reposent en discordance sur les tranches de sédiments plus anciens, redressés sous un angle notable (fig. 36). Alors on peut affirmer

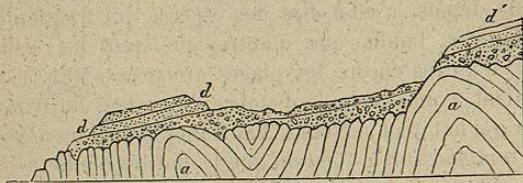


Fig. 36. — Grès dévonien *dd'*, reposant en discordance sur des schistes siluriens *a*.

qu'entre le dépôt des deux séries il s'est produit un grand phénomène de dislocation, d'où a pu résulter une longue interruption de la sédimentation.

D'autres fois, sans que l'horizontalité des couches ait été sensiblement affectée, on voit un dépôt reposer *transgressivement*, c'est-à-dire par débordement, sur des sédiments inégalement anciens, ce qui apporte la preuve du retour de la mer sur des territoires qu'elle avait depuis longtemps abandonnés.

Mais les *discordances de stratification*, comme on les appelle, sont loin d'avoir la généralité qu'on s'était plu dans le principe à y attribuer. A une certaine distance des points où on les observe, la série redressée montre, en profondeur, une inclinaison de moins en moins grande (fig. 37) et son allure finit par devenir tout à fait concordante avec celle des couches qu'elle supporte. Le phénomène de dislocation qui a produit la discordance a donc été local. C'est une *date* importante dans l'histoire de la région; mais cette date est sans signification pour les régions tant soit peu distantes, absolument comme les événe-

ments survenus en Europe peuvent passer inaperçus dans une autre partie du monde.

Lorsqu'une lacune a été causée par une émerision, il arrive assez souvent que le fait se révèle par l'état de la surface des dépôts. Cette surface est usée, corrodée, perforée par des mollusques *lithophages*, c'est-à-dire appartenant à des espèces qui ont l'habitude de se creuser un logement, au niveau de la mer, dans les rochers qui forment le rivage. C'est donc l'indice d'une exposition plus ou moins prolongée à l'air.

Les *discordances paléontologiques* ont une signification plus étendue. La succession des formes organiques ayant été parfait-

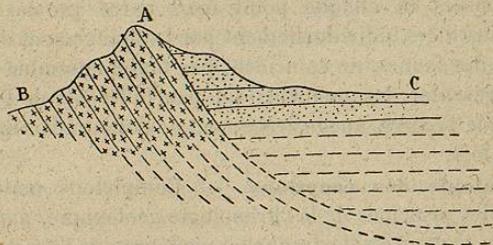


Fig. 37. — Localisation des discordances.

tement ordonnée, si, entre deux sédiments de même *facies*, formés dans des conditions analogues, par exemple entre deux calcaires crayeux ou deux argiles schisteuses, on remarque une grande différence de faunes, on en pourra conclure avec certitude que les deux dépôts, fussent-ils stratigraphiquement concordants, ont dû être séparés par un assez long intervalle, correspondant au temps qui a été nécessaire pour que le renouvellement progressif des êtres vivants pût se produire.

Valeur relative des divisions. — Par l'application de ces diverses règles, on est parvenu à établir, dans l'histoire de la série sédimentaire, des divisions de plusieurs ordres, depuis celles qui correspondent à de simples épisodes locaux, et dont la signification est alors purement régionale, jusqu'aux groupes qu'on peut reconnaître sur toute la surface du globe.

Les premières divisions ont pour base la distinction des *lits*, *couches*, ou *strates*, qui se caractérisent au point de vue de la

faune par une ou plusieurs espèces dominantes, formant un *horizon paléontologique*. Ensuite viennent les *assises* ou *zones* fossilifères, se groupant elles-mêmes en *étages* ou *sous-étages*; les étages à leur tour composent par leur association des *systèmes*, dont chacun embrasse une *période* et la réunion de plusieurs systèmes forme un *groupe*, auquel correspond une des grandes *ères* de l'histoire terrestre. Quelquefois, entre les systèmes et les groupes, on est conduit à intercaler une division en *séries*.

Plus une division est d'ordre élevé et plus grande est l'étendue sur laquelle on peut la reconnaître; mais aussi ses limites deviennent de moins en moins nettes; non qu'elles ne puissent être précisées en chaque point, mais parce que ces limites locales, justifiées individuellement par le changement des sédiments et des faunes, ne coïncident pas toutes ensemble et peuvent représenter des moments un peu différents de l'histoire générale de l'écorce, aucun événement ne s'étant fait sentir partout à la fois.

Chronologie des éruptions. — Complétons maintenant l'exposé des principes de la chronologie géologique, par l'indication des règles à l'aide desquelles on détermine l'*âge des roches éruptives*.

Toute roche éruptive est naturellement plus jeune que les terrains, stratifiés ou non, qu'elle traverse en *filons* ou dans lesquels elle a été injectée en *nappes d'intrusion*, en leur faisant parfois subir un métamorphisme notable. D'autre part, quand un conglomérat contient, à l'état de cailloux roulés, des fragments d'une roche éruptive bien déterminée, c'est que l'épanchement et la consolidation de cette roche avaient précédé le dépôt du conglomérat. Ainsi beaucoup de porphyres quartzifères ont pu être facilement classés, parce que des fragments identiques ont été retrouvés, soit dans les couches du terrain houiller, soit dans celle du grès rouge permien.

Grandes divisions géologiques. — A la base de tous les terrains se place une formation, dont l'origine est encore très discutée, parce que sa nature semble participer à la fois de la cristallisation propre aux roches massives et de la stratification qui distingue les couches de sédiment. Nous l'étudierons à part sous le nom de *terrain primitif*.

Sur ce terrain repose la série des formations fossilifères, dont l'étude conduit à diviser le passé du globe en trois grandes ères :

1^o L'ère *primaire* ou *paléozoïque* ¹, où les masses continentales étaient à peine esquissées et où les conditions physiques offraient, sur toute la terre, une remarquable uniformité. Les vertébrés n'y avaient guère d'autres représentants que les *poissons*, et les faunes marines étaient caractérisées par l'immense développement des mollusques *brachiopodes*, ainsi que par le règne d'une famille de crustacés qui s'est éteinte avant même que les temps primaires prissent fin, la famille des *trilobites*.

2^o L'ère *secondaire* ou *mésozoïque* ², pendant laquelle les conditions physiques ont commencé à se différencier avec les latitudes, tandis que les plantes *dicotylédones* faisaient leur apparition sur les continents. Les *reptiles* y dominaient sans partage et l'empire des mers appartenait à la famille des *ammonites*, née avec le début des temps secondaires et destinée à ne pas leur survivre.

3^o L'ère *tertiaire* ou *néozoïque*, qui a vu les continents prendre leur assiette et acquérir leurs grandes lignes de relief, pendant que les zones de climats et les provinces organiques se dessinaient d'une façon définitive. Les *mammifères*, jusqu'alors complètement atrophés, sont devenus les maîtres de la terre ferme, où le monde végétal a déployé la plus grande richesse de formes qu'il ait jamais connue.

Quant à l'ère actuelle, ou *quaternaire*, elle est caractérisée par l'apparition de l'homme, dernier venu de la Création, qui ne s'est enrichie depuis lors d'aucun type nouveau.

1. De *palaïos*, ancien et *zoon*, animal.

2. *Mesos*, moyen.