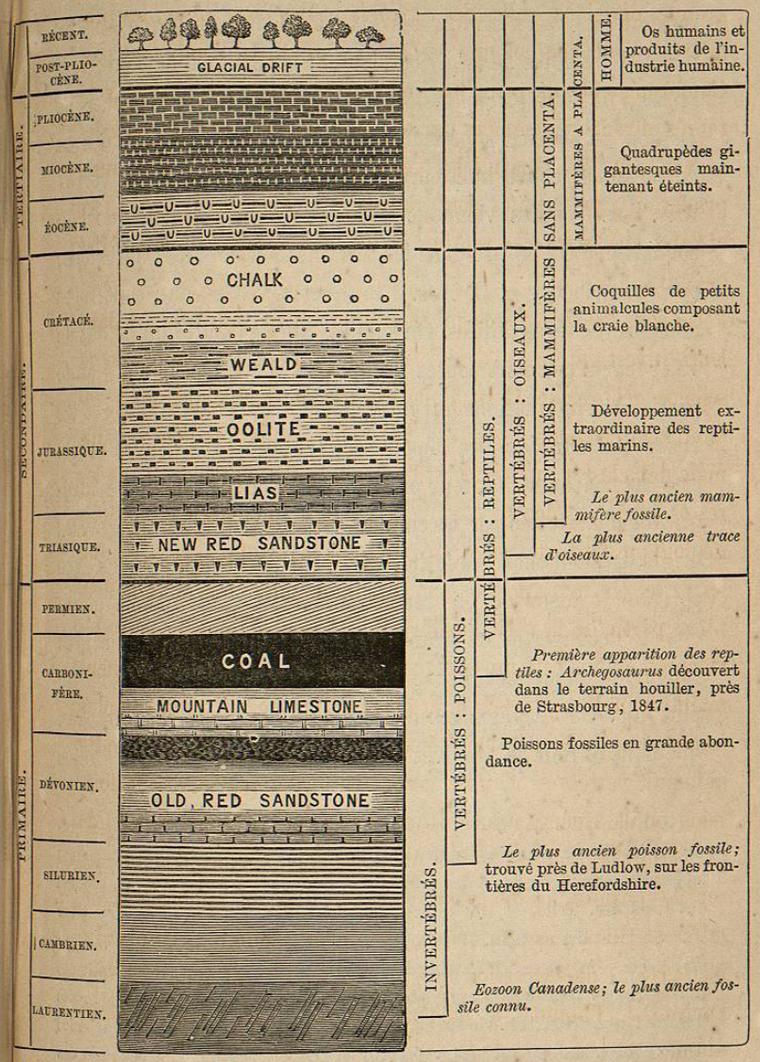
grandes divisions, celles des *vertébrés* et des *invertébrés*, les premières ayant une colonne *vertébrale*, les autres n'en ayant pas. Conformément aux principes que nous venons de poser, les vertébrés offrent évidemment une organisation plus parfaite que les invertébrés. Mais parmi les vertébrés eux-mêmes, il y a aussi gradation : les reptiles sont rangés au-dessus des poissons, les oiseaux au-dessus des reptiles et les mammifères au-dessus des oiseaux.

Ce sont les zoologistes qui nous apprennent tout cela, et dans leurs investigations, ils ne se sont nullement préoccupés de la science géologique. Il est donc assez remarquable que nous retrouvions ce même ordre et cette même gradation de la vie animale dans les groupes successifs des terrains stratifiés. Tous les restes jusqu'ici découverts dans les plus anciennes formations géologiques appartiennent aux animaux invertébrés, pendant que les vertébrés, qui apparaissent pour la première fois dans la dernière partie de la période silurienne, se sont de plus en plus développés depuis ce temps jusqu'à l'époque actuelle, et constituent maintenant la partie sinon la plus nombreuse, du moins la plus importante de la création animale. Observons, en outre, que les animaux vertébrés ne font pas tous leur apparition à la fois, mais qu'ils viennent successivement, selon la même échelle de perfection organique, — les poissons apparaissant d'abord, les reptiles ensuite, les oiseaux après les reptiles, et enfin les mammifères. On a reconnu, même parmi les mammifères, un ordre bien marqué de succession progressive, ordre qui aboutit à l'apparition de l'homme, le plus parfait et le dernier venu des êtres animés.

Le tableau ci-joint aidera à comprendre cette remarquable succession de la vie animale dans l'histoire de l'écorce terrestre. Les

TABLEAU DES FORMATIONS GÉOLOGIQUES

MONTRANT LA PREMIÈRE APPARITION SUR LA TERRE DES DIFFÉRENTES FORMES DE LA VIE ANIMALE (1).



(1) Traduction française de quelques expressions de la gravure :

Glacial drift : Drift glaciaire.
Chalk : Craie.
New red sandstone : Nouveau grès rouge.
Coal : Houille.
Mountain limestone : Calcaire de montagne.
Old red sandstone : Vieux grès rouge.

restes des animaux invertébrés ont été découverts jusque dans les roches inférieures de la période laurentienne (1). Quant aux vertébrés, ils font leur première apparition dans les couches de Ludlow du silurien supérieur, où ils sont représentés par des os de poissons, classe inférieure de l'embranchement des vertébrés. Les reptiles viennent ensuite; le plus ancien que l'on connaisse a été trouvé dans les terrains houillers de Saarbrück, entre Strasbourg et Trèves. Les squelettes d'oiseaux sont rares dans les roches stratifiées. On suppose que la faculté qu'ils ont de voler leur a permis à toutes les époques d'échapper, en grande partie, aux inondations qui emportaient les autres animaux et les ensevelissaient dans les dépôts sédimentaires des fleuves et des estuaires. Néanmoins, leur présence dans l'ancien monde est fréquemment attestée par les empreintes de leurs pieds qui, gravées originairement sur le sable du rivage, ont passé jusqu'à nous avec ce sable transformé en roche solide. Des traces de ce genre ont été découvertes en grande abondance sur le nouveau grès rouge du Connecticut, fleuve de l'Amérique du Nord : ce sont les plus anciens témoignages concernant l'existence des oiseaux que nous offrent les archives de la géologie. Ce groupe de strates

(1) L'animalité de l'*Eozoon canadense* est plus que problématique. Ce prétendu fossile des terrains laurentiens du Canada n'est probablement qu'une apparence organique due à des infiltrations analogues à celles qui ont produit les dendrites. Telle est, du moins, l'opinion de la Société américaine pour l'avancement des sciences. (Voir *Revue scientifique*, 13 janvier 1872, ou encore : *les Mondes*, 18 janvier 1872.) La découverte de ce prétendu fossile avait été fort acclamée dans le monde incrédule, parce que, en reculant au delà de toutes limites l'apparition de la vie sur la terre, elle semblait en contradiction avec les livres saints. Mais c'était bien à tort; car on peut admettre si l'on veut que des millions d'années ont séparé la création de l'homme de la création du premier animal, sans que l'exactitude du récit biblique ait aucunement à en souffrir. (*Note du traducteur.*)

appartient au trias inférieur. Nous rencontrons dans les couches supérieures de la même formation le premier mammifère fossile. On le trouva près de Stuttgard, en 1847. Il appartient à la forme la plus imparfaite des mammifères (1). Des restes semblables ont été découverts depuis, dans le trias supérieur du comté de Somerset. Les animaux plus parfaits de la même classe, ou mammifères à *placenta*, ne font leur première apparition que dans la formation éocène ; quant aux os de l'homme, le plus parfait d'entre eux, ils se rencontrent pour la première fois dans les dépôts supérieurs de l'âge post-tertiaire.

Il faut se rappeler que nous nous bornons à exposer les faits que nous ont révélés jusqu'ici les recherches des géologues. Il peut se faire, il est même très probable que de nouvelles découvertes viendront, dans la suite, modifier considérablement notre tableau. Nous n'avons aucune raison de croire que les géologues aient découvert les plus anciens restes des vertébrés et des invertébrés conservés dans la croûte terrestre; que les poissons ne puissent être retrouvés au delà de la période silurienne, ou les reptiles au delà de la période carbonifère; qu'on ne puisse rencontrer d'oiseaux dans les terrains primaires et des mammifères à *placenta*, dans les terrains secondaires. Mais, dans une science qui repose purement sur l'observation, il est mieux d'enregistrer les faits que l'on connaît que de discuter inutilement sur ceux que l'on ne connaît pas. Ces faits enregistrés, l'on ne peut manquer d'être frappé de l'ordre dans lequel, selon eux, la vie organique s'est développée sur la terre. Il est bien remarquable, en effet, que si l'on s'en tient aux fossiles jusqu'ici découverts, les invertébrés et les verté-

(1) Il ne nous paraît pas encore prouvé que cet animal soit véritablement un mammifère. — Il ne sera peut-être pas inutile de dire que les animaux sans *placenta* sont les didelphes ou marsupiaux de Cuvier. (*Note du trad.*)

brés, les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères sans *placenta* et avec *placenta*, se soient succédé dans la série ascendante des formations géologiques absolument dans le même ordre qu'ils se suivent dans l'échelle ascendante de la classification zoologique.

Les géologues sont donc toujours à la recherche de nouveaux phénomènes qu'ils groupent en classes jusqu'à ce que des faits particuliers ils déduisent des vérités générales. Partant alors de ces vérités générales comme des bases de leur science, ils en viennent à esquisser l'histoire naturelle de notre globe depuis les âges les plus reculés jusqu'au temps présent. Ils commencent par étudier les dépôts stratifiés de chaque période successive et par analyser les fossiles qu'ils renferment, puis ils tirent leurs conclusions et composent leur histoire. Ils décrivent les formes, le caractère, les habitudes des animaux et des végétaux qui vécurent autrefois sur notre terre; ils nous disent dans quel endroit la mer profonde roulait ses eaux et la terre ferme apparaissait à chaque époque successive; ils indiquent les deltas de ses anciens fleuves, ils mesurent la largeur de ses estuaires, ils tracent le cours de ses glaciers, ils marquent les configurations de ses chaînes de montagnes. Mais nous n'avons point à nous occuper ici de spéculations de ce genre. Plusieurs d'entre elles sont controversées et quelques-unes sont, en ce moment, l'objet de discussions très vives parmi les géologues eux-mêmes. Du reste, vraies ou fausses, elles n'affectent en aucune manière les rapports de la géologie avec la religion révélée. Il nous suffit entièrement, pour le but que nous nous proposons, d'avoir essayé de faire comprendre la théorie générale de la chronologie géologique et le genre de preuve sur lequel elle repose.

Cependant, avant de quitter ce sujet, nous dirons quelques mots d'une intéressante application des principes que nous avons exposés dans les deux chapitres précédents. Cela aidera à confirmer les conclusions que nous avons essayé d'établir, et en même temps fera saisir à plusieurs esprits le parti qu'on peut tirer pratiquement d'une connaissance parfaite et d'une juste application de la science géologique.

La houille eût pu être produite à toutes les périodes géologiques, et des lits de houille ont été, en effet, découverts dans beaucoup de formations différentes. Mais il résulte d'une longue expérience que les dépôts houillers de la formation carbonifère sont plus abondants et de meilleure qualité que ceux des autres formations. Ces derniers sont minces et d'une qualité tellement inférieure qu'on ne peut les mettre à profit. Il est donc d'une très grande importance dans la recherche de la houille, avant de creuser à grands frais des puits profonds, de voir si les terrains auxquels on a affaire appartiennent bien à la période carbonifère. Ici, le simple *praticien* est souvent en défaut. Les strates d'où l'on extrait le charbon consistent généralement en argiles sombres, en schistes noirs et autres dépôts semblables. C'est un fait trop manifeste et trop sensible pour qu'il ne soit pas parfaitement connu de tous ceux qui ont travaillé dans les houillères. Il en résulte fréquemment que le praticien conclut à la présence de la houille toutes les fois qu'il rencontre des strates de ce genre. Le géologue, au contraire, sait bien que de telles couches ne sont pas particulières aux roches carbonifères, mais qu'elles se rencontrent dans d'autres formations dans lesquelles il n'y a pas de houille ou du moins pas assez pour dédommager des dépenses de l'exploitation; il comprendra dès lors combien il serait téméraire d'entreprendre des travaux aussi dispendieux sur la

foi de simples apparences. Mais il sait de plus qu'il est certaines espèces, animales et végétales, que l'on rencontre dans les terrains carbonifères et pas ailleurs; il les cherchera dans les strates qu'il veut explorer, et, par leur présence ou leur absence, il saura si les strates en question appartiennent ou non à la formation carbonifère.

Il arrivera souvent aussi que, au milieu d'une vaste région où l'on sait que la houille abonde, les terrains superficiels de quelque localité particulière, non seulement en seront dépourvus, mais n'offriront aucune ressemblance, soit dans leur caractère minéral, soit dans leurs fossiles, avec les terrains carbonifères. Une question de la plus haute importance pratique se pose alors : Peut-il se faire que ces couches superficielles recouvrent des roches carbonifères ? Est-ce la peine de creuser un puits à travers les unes dans l'espoir d'atteindre les autres ? Le mineur n'a pas de principes clairs et certains qui puissent l'aider à résoudre ce problème; aussi, que de sommes ont été dépensées en pure perte à la recherche de la houille sur des points où, comme on s'en est aperçu plus tard, il n'y avait pas la moindre chance d'en rencontrer ! Or, si la géologie ne peut dire avec certitude si l'on parviendra à découvrir de la houille au-dessous de ces couches, elle *peut* dire au moins s'il y a quelque *chance sérieuse* d'y parvenir; elle peut dire s'il y a un espoir raisonnable d'atteindre la formation carbonifère en pénétrant dans la croûte terrestre en cet endroit même. Or, si l'on atteint la formation carbonifère au milieu d'un district houiller, il est très probable que l'on rencontrera des lits de houille.

Le premier objet du géologue sera de connaître la formation à laquelle appartiennent les roches superficielles. Si c'est un terrain plus ancien que le terrain carbonifère, — le silurien, par

exemple, ou le dévonien, — il voit qu'il est parfaitement inutile de continuer les fouilles, car il n'est pas possible que les roches carbonifères soient situées au-dessous de roches qui leur sont antérieures en existence. Ainsi, le géologue saura d'avance ce que le praticien ne saurait qu'après avoir dépensé son argent. Si, d'un autre côté, les roches qui apparaissent à la surface appartiennent à une période postérieure à la période carbonifère, le géologue n'en conclura pas toujours qu'il convient de creuser un puits pour la recherche de la houille. Les terrains carbonifères peuvent être situés au-dessous à une telle profondeur qu'il serait impossible de les atteindre. Supposons, par exemple, que les strates qui apparaissent à la surface appartiennent à la formation crétacée. Il sait par son tableau chronologique que l'âge carbonifère est séparé de l'âge crétacé par trois périodes intermédiaires, les périodes permienne, triasique et jurassique. C'est pourquoi, lorsque les terrains crétacés apparaissent à la surface de quelque localité, il est fort possible, quoique évidemment cela ne soit pas certain, qu'avant d'atteindre les terrains carbonifères, il faille traverser des milliers de pieds de roches jurassiques, triasiques et permiennes, et encore ne serait-on pas sûr d'atteindre même alors les couches carbonifères. Il est possible, en effet, qu'elles n'aient jamais été déposées sur cette partie de la surface terrestre; ou bien, si elles ont été déposées, elles ont pu être enlevées postérieurement par les agents de dénudation. Notre géologue conclura donc avec raison que les dépenses probables des recherches étant si considérables et les chances de succès si incertaines, il sera plus sage de ne pas tenter l'entreprise.

Par la judicieuse application des principes que nous venons d'exposer bien imparfaitement, — principes qui, naturellement, sont sujets, dans la pratique, à des modifications nombreuses et

variées, — la géologie a déjà prouvé qu'elle pouvait contribuer puissamment à la richesse et à la force du pays. « Elle a déjà, nous assure le professeur Philips, arrêté bien des tentatives insensées dans la recherche de la houille, dans des lieux où cette recherche ne pouvait avoir aucun bon résultat; elle a retardé, pour le moins, des essais encore trop hasardeux, et elle a encouragé des efforts qui ont été couronnés de succès au delà de l'espérance des mineurs, et même contrairement à leur attente (1). »

(1) *Geology of Oxford and the valley of the Thames*, p. 494.

CHAPITRE XIV.

CHALEUR SOUTERRAINE. — SON EXISTENCE DÉMONTRÉE PAR LES FAITS.

LA THÉORIE DES TERRAINS STRATIFIÉS SUPPOSE DES RÉVOLUTIONS DANS L'ÉCORCE TERRESTRE. — CES RÉVOLUTIONS SONT ATTRIBUÉES PAR LES GÉOLOGUES A L'ACTION DE LA CHALEUR SOUTERRAINE. — PREUVE DIRECTE DE LA CHALEUR SOUTERRAINE ET DU POUVOIR QU'ELLE A D'ÉBRANLER L'ÉCORCE DU GLOBE. — HYPOTHÈSE DE L'ORIGINE IGNÉE DE NOTRE GLOBE. — ACCROISSEMENT REMARQUABLE DE TEMPÉRATURE A MESURE QUE L'ON PÉNÈTRE DANS L'ÉCORCE TERRESTRE. — SOURCES D'EAU CHAUDE. — PUITS ARTÉSIENS. — VAPEURS S'ÉCHAPPANT DES CREVASSES DE LA TERRE. — LES GEYSERS D'ISLANDE. — UN REFLET DES FEUX SOUTERRAINS. — LE MONT VÉSUVE EN 1779. — ÉRUPTION DE 1872. — VASTE ÉTENDUE DE L'ACTION VOLCANIQUE. — L'EXISTENCE DE LA CHALEUR SOUTERRAINE EST UN FAIT ÉTABLI.

En développant la théorie moderne de la géologie, nous avons toujours supposé que l'écorce terrestre a éprouvé de nombreux changements depuis les âges les plus reculés. A différentes reprises, dans le cours de notre argumentation, nous avons parlé du déplacement du lit de la mer et de sa transformation en terre ferme, et, d'autre part, de la submersion de la terre ferme par les eaux de la mer. Nous n'avons pas hésité à admettre que ces deux mouvements opposés de soulèvement et de submersion se soient renouvelés plusieurs fois sur le même point, et qu'il existe même à peine une région à la surface du globe