

THÈSE

DE PALÉONTOLOGIE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE SCIENCE DE PARIS,

ET SOUTENUE

Le 8 mai — 1848,

PAR A. RIVIÈRE.



PARIS.
IMPRIMERIE DE A. LACOUR.
Rue St-Hyacinthe-St-Michel, 33

—
1848

ACADEMIE DE PARIS.

FACULTÉ DES SCIENCES.

MM. DUMAS, doyen,

BIOT,

FRANCOEUR,

DE MIRBEL .

PONCELET .

POUILLET ,

LIBRI ,

STURM ,

DELAFOSSÉ ,

LEFÉBURE DE FOURCY ,

DE BLAINVILLE ,

CONSTANT PRÉVOST ,

AUGUSTE-SAINT-HILAIRE ,

DESPRETZ ,

BALARD ,

MILNE EDWARDS .

CHASLES ,

LE VERRIER ,

DUHAMEL ,

VIEILLE ,

MASSON ,

PELIGOT ,

DE JUSSIEU ,

BERTRAND ,

PAYER ,

Professeurs.

Agrégés.

SUR LES CONCLUSIONS QUE PERMET DE DÉDUIRE L'EXAMEN DES
FLORES ET DES FAUNES DES DIFFÉRENTES PÉRIODES GÉOLOGIQUES,
RELATIVEMENT AUX CLIMATS DE CES PÉRIODES.

Peut-on conclure d'après l'examen des flores et des faunes des diverses époques , que l'influence de la chaleur centrale sur la température de la surface du sol était beaucoup plus grande à toutes les périodes géologiques qui ont précédé la nôtre, qu'elle ne l'est durant la période actuelle, et que les climats étaient notablement plus chauds à toutes les périodes géologiques qu'ils ne le sont actuellement?

Un certain nombre de géologues établissent trop facilement , il me semble , comme un fait démontré, que l'étude des animaux et des végétaux fossiles oblige d'admettre que la température à la surface du sol et au milieu de laquelle ont vécu ces êtres organisés , était beaucoup plus élevée durant les diverses périodes géologiques qu'elle ne l'est aujourd'hui , par suite d'une plus grande influence de la chaleur centrale ; c'est pourquoi je vais essayer de prouver que rien n'oblige d'admettre nécessairement cette conclusion.

Avant d'entrer dans la discussion de cette question, il importe de présenter certaines notions générales sur les flores et sur les faunes des temps passés; cependant je parlerai principalement des flores, car l'examen comparatif des végétaux fossiles et des végétaux vivants, peut à lui seul éclairer suffisamment la question, d'autant plus que d'un côté les considérations qui vont suivre sont naturellement applicables aux faunes, et que d'un autre côté l'étude des flores et celle des faunes conduisent aux mêmes conclusions générales.

On croyait naguères pouvoir conclure de certaines vues théoriques sur la simplicité des formes primitives des êtres organisés, que les végétaux avaient précédé les animaux sur le globe; que l'antériorité des végétaux était la condition nécessaire de l'existence et du développement des animaux; mais aucun fait n'est venu démontrer la justesse de ces hypothèses. Néanmoins, comme il serait possible que les dépouilles des premiers êtres eussent été complètement détruites et qu'une partie du graphite des terrains anciens provînt de débris de végétaux, on ne saurait se prononcer définitivement sur ces questions premières; l'état actuel de nos connaissances permet seulement de dire que, en cherchant à lire dans l'ordre de superposition des terrains l'âge relatif des fossiles qu'ils renferment, on a constaté: 1° Que les dépôts fossilifères les plus anciens montrent et des dépouilles d'animaux et des dépouilles de végétaux; 2° Que plus les dépôts où gisent les flores et les faunes sont anciens, plus ces faunes et ces flores diffèrent des formes animales et végétales de notre époque.

Un des principaux caractères des flores anciennes, est de présenter des formes végétales, dont l'analogie avec beaucoup de familles de la flore actuelle prouve qu'en elles ont péri un grand nombre des membres de la série organique.

Jusqu'à présent on n'a trouvé dans les plus anciennes

couches de transition que des plantes marines à feuilles cellulaires.

Le terrain anthraxifère ou du vieux grès rouge, est le plus ancien terrain où l'on ait découvert quelques cryptogames vasculaires, telles que les lycopodiacées, les calamites, etc.

Le terrain houiller renferme non-seulement des végétaux cryptogames analogues aux fougères et des monocotylédons phanérogames, mais encore des plantes dicotylédones gymnospermes. On connaît près de 400 espèces de la flore du terrain houiller. Négligeant l'énumération des espèces, je me bornerai à citer les calamites et les lycopodiacées arborescentes, les lépidodendrons squameux, des sigillaires atteignant jusqu'à 20 mètres de longueur, des stigmaria semblables aux cactus, des fougères dont l'abondance démontre que la terre ferme des anciennes époques était entièrement insulaire, des cycadées, des palmiers, des astérophyllites, des conifères semblables à certains pins du genre araucaria, etc.

La flore houillère présente généralement où on la retrouve sur la surface du globe, une uniformité frappante dans les genres, sinon dans les espèces. En outre, les caractères qui distinguent la flore houillère de la flore actuelle, ont sensiblement persisté jusqu'à l'époque de la formation des terrains crétacés supérieurs.

Lorsque plusieurs couches de houille sont superposées, les débris végétaux n'y sont point répartis confusément sans distinction de genres ni d'espèces; ordinairement ils y sont disposés par genres ou par familles, de telle sorte que les lycopodites et certaines fougères se trouvent dans une couche, les stigmaria et les sigillaria dans une autre couche, et ainsi de suite.

Pour donner une idée du degré de développement que la végétation avait pris dans les anciennes époques, il suffit de dire qu'il y a des gisements houillers où l'on voit 120 couches de charbon, sans même comprendre dans

ce nombre une multitude de petites couches, et qu'il y a des couches de houille de 20 mètres et même de 25 mètres de puissance, tandis que les végétaux qui couvrent une surface donnée dans les régions forestières de nos zones tempérées, formeraient à peine, d'après M. Élie de Beaumont, en 100 ans, sur cette surface, une couche de charbon de 16 millimètres d'épaisseur. D'un autre côté, les couches de houille doivent une grande partie de la matière dont elles sont composées, non pas à de grands arbres mais bien à des masses de gazon, à des arbustes rameux et à de petits cryptogames.

Aujourd'hui les palmiers et les conifères semblent se fuir; au contraire, des palmiers et des conifères se trouvent réunis dans le terrain houiller, et leur association se reproduit même jusque dans une partie des terrains tertiaires. Au reste, les conifères, quoique étant aujourd'hui une essence spéciale aux régions septentrionales, n'appartiennent pas exclusivement à ces régions; car M. de Humboldt cite une épaisse forêt de pins, qui est située entre la Venta de la Coxonera et l'Alto de los Coxones, à 1200 mètres au-dessus du niveau de la mer (1). D'autre part, la région méridionale de l'Amérique produit des chênes et même des sapins à côté de palmiers; néanmoins elle ne nourrit pas une seule espèce de pins.

Les cycadées qui, d'après le nombre de leurs espèces fossiles, durent jouer, pendant les époques antérieures à la nôtre, un plus grand rôle que dans celles-ci, accompagnent les conifères à partir de l'époque où se sont formées les couches de houille et d'antracite; néanmoins, elles manquent presque entièrement dans la partie inférieure du terrain triasique ou grès bigarré: elles y sont remplacées par certains conifères, notamment les *Voltzia*, les *Haidingera* et les *Albertia*, qui s'y sont puissamment

(1) *Tableaux de la nature*, vol. II, p. 1, 125.

développés; tandis qu'elles atteignent le maximum de leur développement dans le Keuper et dans le Lias.

Des plantes marines et des naïades prédominent dans les terrains crétacés.

Les lignites du terrain éocène contiennent avec les plus anciens cryptogames terrestres, quelques palmiers, un grand nombre de conifères et des arbustes rameux d'un caractère plus ou moins tropical. L'époque miocène est elle-même caractérisée par le retour des palmiers et des cycadées. Enfin, la végétation de l'époque pliocène offre une grande analogie avec la flore actuelle : nos pins et nos sapins, nos cupulifères, nos érables et nos peupliers apparaissent sans transition, dans toute la plénitude de leurs formes.

Je me borne aux généralités précédentes, en renvoyant pour des développements sur les flores des différentes époques aux ouvrages spéciaux et surtout au *prodrôme d'une histoire des végétaux fossiles*, par M. Adolphe Brongniart.

Des notions qui précèdent, on peut déduire les conclusions suivantes :

1° Quoiqu'il y ait eu, pour une même époque, souvent une différence notable relativement aux espèces et aux genres qui dominent plus particulièrement dans les diverses localités, parfois très voisines les unes des autres, les flores des époques antérieures à la nôtre étaient plus uniformes que celle d'aujourd'hui;

2° Ces flores ont été d'autant moins uniformes que leurs époques respectives étaient plus modernes;

3° Elles ont exigé des conditions d'existence différentes de celles d'aujourd'hui, et des conditions d'autant plus différentes que les flores appartenaient à des époques plus éloignées de la nôtre.

Maintenant, il reste à déterminer les causes de ces faits généraux ou les diverses conditions au milieu desquelles se sont développées les différentes flores.

Jusqu'à présent, rien ne prouve rigoureusement que du-

rant les premières époques de la vie sur le globe, la chaleur centrale exerçait encore une influence considérable sur la température de la surface de la terre. Les flores et les faunes fossiles n'annoncent, en effet, que des climats tempérés, peu variables et analogues, par exemple, à celui de la partie privilégiée du Chili. En sorte qu'il a pu se faire qu'après la consolidation complète de la première pellicule du globe et la formation des roches cristallines anciennes, dont l'épaisseur est considérable, la chaleur centrale n'ait plus eu d'influence très sensible sur la température de la surface comparativement à la chaleur répandue par le soleil, et qu'ainsi l'influence apparente de la chaleur centrale pouvait être déjà à peu près dissipée lorsque les êtres organisés ont commencé à se développer sur le globe. Il suffit donc d'admettre, non des températures très élevées, mais bien des climats tempérés et peu variables, pour interpréter convenablement la nature particulière des anciennes flores.

Dans les contrées dont les climats sont excessifs ou extrêmes, la végétation est en général ou tropicale ou boréale; tandis que dans les contrées dont les climats sont tempérés et peu variables, on trouve à la fois des végétaux des climats chauds, des végétaux des climats tempérés et même des végétaux des climats froids. Le Chili, par exemple, où la température moyenne n'est pas très élevée, mais où la différence entre les températures extrêmes est très faible, présente des végétaux de l'Europe centrale et des végétaux des régions tropicales. Mais, sans aller chercher aussi loin des exemples, nous pouvons en citer dans la France méridionale. En effet, à Hyères, à Grimaud, etc., on trouve la végétation de l'intérieur de la France associée à une végétation africaine avec ses cactus, ses orangers, ses palmiers, etc.

Ce ne sont pas les températures moyennes de l'année ni celles des saisons qui règlent la nature des flores, mais bien l'étendue de l'échelle des oscillations ou les termes extrêmes

des températures dans le cours de l'année; car des températures élémentaires très différentes peuvent donner la même température moyenne que des températures très voisines les unes des autres.

A Hyères, à Paris, à Peking, etc., les températures moyennes de l'année sont assez douces et diffèrent entre elles tout au plus de 6°. A Hyères, les chaleurs de l'été sont presque aussi supportables que celles qu'on éprouve à Paris, à Moscou et surtout à Peking, à cause de la plus longue durée des jours d'été et de la présence plus prolongée du soleil dans ces derniers pays, de leur éloignement de la mer, de la configuration de leur sol, etc.; tandis que d'une part, on connaît la rigueur de l'hiver à Paris, à Moscou, à Peking, et que d'une autre part, il ne gèle presque jamais à Hyères.

Dans ce dernier pays les palmiers viennent assez bien; au lieu qu'on ne peut les conserver à Montpellier qu'en prenant les plus grandes précautions, à cause de la situation peu abritée de cette ville et des variations brusques de température qui s'y manifestent, quoique la température moyenne de Montpellier soit peu différente de celle d'Hyères; à plus forte raison les palmiers ne pourraient exister à Peking, où la température moyenne de l'été est cependant de 28°, mais dont celle de l'hiver est de — 5°.

Dans le nord de la France, même dans des régions plus septentrionales sous des altitudes égales, les oliviers, les orangers, etc., pourraient certainement vivre en pleine terre, si la température ne s'abaissait pas au-dessous de la température moyenne de l'hiver, et mieux encore, si la température moyenne de l'année était une température constante: car ces arbres n'exigent pas une température très élevée, mais bien l'absence d'oscillations brusques et de températures extrêmes. A Hyères, non seulement la température ne varie pas brusquement, mais encore la plus grande différence entre les deux températures extrêmes de l'année est de 55° environ. Au Chili et aux îles de l'Ascension, la diffé-

rence entre les deux températures extrêmes est bien moindre; tandis qu'à Paris elle est parfois de 45 à 50°, à Peking, de 50 à 60°, à Astrakan et à Tobolsk, elle est encore supérieure.

Ne pouvant entrer dans de plus grands détails à l'égard des températures et des climats actuels, sans sortir du sujet principal de cette notice, je dois renvoyer pour des considérations plus complètes sur ces diverses questions, au *Cosmos* de M. de Humboldt, 1^{er} vol. p. 377, et à mon ouvrage sur la classification rationnelle des terrains, p. 98.

Tout ce que j'ai dit sur les températures ne se trouve nullement affaibli par certaines hypothèses qui ont été proposées, dans le but d'expliquer la distribution de la chaleur sur le globe et les climats plus ou moins différents des diverses époques; car en adoptant même la théorie qui a été développée par M. Lyell, sur les variations des climats produites par la différence d'élévation et de position des continents, il n'en faut pas moins admettre une plus ou moins grande uniformité dans les climats aux diverses époques, pour interpréter les résultats que nous présentent les différentes flores. Au surplus, l'hypothèse qui admet que les climats, aux diverses époques géologiques, peuvent avoir été produits en grande partie par le mouvement de l'axe de la terre relativement à des points fixes de l'espace, mouvement qui résulte des phénomènes de la précession et de la nutation, ne saurait expliquer la plus ou moins grande uniformité des climats et des flores sur toute la surface du globe.

Toute la question est donc réduite maintenant à chercher les causes principales qui ont contribué à l'uniformité de plus en plus grande des climats à mesure qu'on se reporte à des époques plus anciennes.

D'après M. de Humboldt, l'Europe, par exemple, doit la douceur de son climat à sa configuration très articulée, à l'Océan, qui baigne ses côtes occidentales, à la mer libre de glaces qui la sépare des régions polaires, et surtout à l'exis-

tence et à la situation géographique du continent africain, dont les régions inter-tropicales rayonnent abondamment et provoquent l'ascension d'un immense courant d'air chaud, tandis que les régions placées au sud de l'Asie, sont en grande partie océaniques. Or, l'Europe deviendrait plus froide si l'Afrique était submergée, si le fond de l'Océan Atlantique était émergé et venait rattacher les terres de l'Europe à celles de l'Amérique, si les eaux chaudes de Golfstream ne se déversaient point dans les mers du nord, ou si une nouvelle terre s'intercalait entre la péninsule Scandinave et le Spitzberg. A mesure que l'on avance de l'ouest à l'Est, ajoute M. de Humboldt, en parcourant sur un même parallèle de latitude, la France, l'Allemagne, la Pologne, la Russie, jusqu'aux monts Ourals, on voit les températures moyennes de l'année suivre une série décroissante; mais aussi, au fur et à mesure que l'on pénètre dans l'intérieur des terres, la forme du continent devient de plus en plus compacte; sa largeur augmente, l'influence de la mer diminue, et celle des vents d'ouest devient moins sensible: dans les régions situées au-delà de l'Oural, les vents d'ouest sont devenus des vents de terre; au lieu de réchauffer, ils refroidissent ces pays, lorsqu'ils y parviennent après avoir soufflé sur de grandes étendues de terres glacées et couvertes de neige.

Il résulte des faits précédents que les circonstances thermiques pendant notre époque sont principalement le résultat de l'arrangement des terres et des mers; dès lors il devient évident que des changements dans leur étendue, leur forme, leurs hauteurs, leurs profondeurs, leurs dispositions relatives, leur nature, et dans les courants marins, en amèneraient aussi dans les températures et dans toutes les lignes thermiques.

Il est donc possible de trouver en dehors de l'influence de la chaleur centrale, les principales causes de l'uniformité plus ou moins grande des climats et des flores des époques antérieures à la nôtre, lors même que l'on admettrait des

températures sensiblement plus élevées par suite de l'influence de la chaleur centrale, ce qu'il est, du reste naturel de supposer.

Les principales conditions pour des températures moyennes plus élevées, pour l'uniformité des climats et des flores, pour une végétation plus tropicale, plus développée et plus active, sont : une distribution plus uniforme des terres et des mers, par conséquent un développement moins considérable des terres et le fractionnement de celles-ci; une petite différence de leurs niveaux, ou, en termes généraux, un relief peu prononcé et peu complexe; une quantité plus considérable de vapeur d'eau, d'acide carbonique et de nuages dans l'atmosphère, par suite une plus grande densité de celle-ci; l'absence ou une moins grande quantité de glaces; etc.

Or, les observations géologiques et la théorie générale de la formation du globe établissent que jadis la distribution des terres et des mers a dû être plus uniforme qu'elle ne l'est actuellement, et qu'elle a dû l'être d'autant moins que les époques étaient plus rapprochées de la nôtre. Elles démontrent aussi que les eaux étaient répandues sur une plus large surface, que par conséquent les mers étaient plus étendues mais moins profondes, le relief du sol ayant été de plus en plus compliqué à mesure que le globe vieillissait.

Aux premières époques les inégalités de la croûte du globe étaient peu saillantes, en sorte que la surface du globe a été presque entièrement submergée immédiatement après le dépôt des eaux atmosphériques qui ont formé les mers. Il n'y avait donc pas de continents; mais il devait y avoir un grand nombre d'îles qui étaient plus ou moins groupées en archipels. Toutes ces conclusions sont confirmées par l'étude des flores et des faunes fossiles.

Plus tard les effets dynamiques de la croûte du globe, devenus plus nombreux et plus énergiques, ont rattaché des îles entre elles, et, par le développement successif des terres

émergées, ont ensuite donné naissance à des continents. Néanmoins, ces continents ont été d'abord peu élevés au-dessus des eaux et ne devaient présenter que des inégalités peu considérables; les montagnes très élevées n'ont même apparu que dans les dernières époques, comme l'a démontré M. Elie de Beaumont dans ses recherches sur les révolutions du globe: en effet, suivant cet illustre géologue, le relief du sol s'est compliqué et les continents se sont développés à mesure que le globe vieillissait, et les montagnes les plus élevées sont les plus récentes (1).

La rareté, sinon l'absence, de débris d'animaux terrestres continentaux et d'eau douce dans les terrains anciens, ainsi que les beaux travaux de MM. Adolphe Brongniart, Sterberg, Gœppert, Lindley, Unger, etc., sur les flores fossiles, notamment celles des terrains carbonifères, conduisent aux mêmes conclusions générales.

Puisque la surface de la croûte terrestre était beaucoup moins accidentée autre fois qu'elle ne l'est maintenant, les vallées qui sillonnent aujourd'hui profondément le sol et qui favorisent les courants d'air, ne pouvaient dans les premières époques exercer une action très sensible sur la température.

Enfin les variations de température et la différence entre les températures extrêmes, sont d'autant plus grandes qu'il y a plus de complication dans le relief du sol. Or, le sol, ayant été de plus en plus accidenté depuis les anciennes époques jusqu'aujourd'hui, les flores ont dû être de plus en plus variées. Cette conclusion devient encore plus rigoureuse, si l'on admet que l'influence de la chaleur centrale était plus considérable autrefois qu'aujourd'hui, car les eaux étant plus chaudes devaient contribuer puissamment à établir l'uniformité des températures et des flores. D'un autre côté, l'épanchement de matières ignées sous des volumes très

(1) Voyez les détails que j'ai donnés sur ces diverses questions dans mon ouvrage sur la Classification rationnelle des terrains.

considérables, surtout aux premières époques, devait aussi élever la température et détruire accidentellement la végétation sur certains points. Dans tous les cas, on peut toujours apprécier en grand, la nature des températures par la nature des flores, et réciproquement. ces deux ordres de choses ayant constamment suivi la même marche.

Non seulement les théories géologiques démontrent que la composition de l'atmosphère a varié avec les époques ; mais encore l'examen des faunes et des flores fossiles, surtout celle du terrain houiller, fait admettre, comme ces théories, qu'il y avait jadis plus de vapeur d'eau et d'acide carbonique dans l'atmosphère qu'à notre époque. Or, l'humidité de l'atmosphère a considérablement favorisé l'uniformité des températures et le développement des végétaux, ainsi que le témoigne la flore houillère. D'ailleurs cette abondance de vapeur d'eau était d'autant plus nécessaire que la température était plus élevée : en effet, si la température avait été beaucoup plus élevée qu'elle ne l'est actuellement sous l'équateur, la végétation n'aurait pu exister au milieu d'une atmosphère sèche.

Il est bien démontré aujourd'hui, surtout par les belles recherches de M. Adolphe Brongniart, que l'atmosphère des époques anciennes était très chargée d'acide carbonique ; car les calcaires qui sont rares dans les terrains primaires, résultent généralement de la combinaison de l'acide carbonique, provenant soit de l'intérieur du globe à travers les fissures, soit de l'épuration des eaux et de l'atmosphère, avec la chaux qui était produite par la décomposition des roches d'origine ignée. La réaction de l'acide carbonique sur ces roches a probablement elle-même contribué beaucoup à la décomposition de ces roches, qui ont ensuite formé les dépôts sédimentaires où sont enfouis les débris des faunes et des flores. Au reste, l'abondance de l'acide carbonique, aux anciennes époques, est aussi attestée par la grande quantité de combustibles que l'on trouve dans les anciens dépôts sédimentaires.

Je ne chercherai pas à déterminer à quel état de combinaison avait été originairement le carbone, s'il avait été à l'état d'acide carbonique, ou d'oxide de carbone, ou de carbure d'hydrogène, etc. Dans tous les cas, les eaux étaient autrefois plus chargées d'acide carbonique : aussi pouvaient-elles tenir en dissolution une plus grande quantité de calcaire.

On sait combien la présence de l'acide carbonique est favorable au développement de la végétation, et l'on sait également qu'il augmente la densité de l'atmosphère.

La présence d'une plus grande quantité de vapeur d'eau, d'acide carbonique, etc., augmentant la densité de l'atmosphère, a exercé une influence assez grande sur l'action des rayons soit calorifiques, soit lumineux, et par suite sur la végétation : elle a donc contribué à l'uniformité des climats et des flores.

Néanmoins, je ne puis me dispenser de faire observer qu'il n'est pas démontré que pendant les époques antérieures, de violentes perturbations atmosphériques n'ont eu lieu ; et certes il ne faut pas des phénomènes bien extraordinaires d'électricité, de chaleur, etc., pour amener des dérangements considérables dans l'atmosphère, et par suite pour produire des différences très grandes dans les circonstances vitales des animaux et des plantes.

En résumé, la plus grande uniformité des climats anciens et l'élévation plus considérable des températures moyennes dans certaines localités peuvent donc être expliquées sans qu'on soit obligé de faire intervenir une influence beaucoup plus grande de la chaleur centrale sur la surface du globe. Pour interpréter convenablement les faits géologiques, il faut apprécier judicieusement les effets qui doivent résulter de la configuration des parties constituantes de la surface du globe, de leurs positions, de leurs étendues relatives, de leurs différences de niveau, de la nature, la couleur et l'inclinaison du sol, de l'abondance, la différence ou l'absence

de végétation, de l'étendue, la profondeur, le voisinage des mers et celui des montagnes, de la direction des vents dominants, de la composition, la densité et la pression de l'atmosphère, en un mot, d'une multitude de circonstances géographiques, physiques ou géogéniques. Les combinaisons diverses de toutes ces circonstances conduisent nécessairement à des résultats différents.

Vu et approuvé par le doyen de la faculté des Sciences,

J. DUMAS.

Vu par nous vice-recteur

CH. GIRAUD.

Paris, le 22 février 1848.

