

rare compared to hydrogen and helium. Forbidden lines of sulphur, argon and possibly chlorine, potassium and calcium are also found but with a considerably lower intensity, thus indicating that these elements are present but in a still smaller concentration.

The identification of the forbidden lines of the above mentioned atoms with nebular lines practically completes the classification¹ of the nebular lines as to chemical origin and electron transition involved. Only a very few faint lines appearing in a small number of the brightest nebulae remain unidentified. Combining the results obtained from the identification of the nebular lines excited by all mechanisms we find that the nebulae are composed largely of hydrogen. In addition there are a somewhat smaller amount of helium and traces of carbon, nitrogen, oxygen, neon, sulphur, argon, and possibly chlorine, potassium and calcium. On the whole the composition is very similar to that of other astronomical bodies with perhaps a tendency to favor the non-metals.

Fig. 3 summarizes this series of mechanisms by which a quantum of ultra-violet star light, which for example is taken of wave-length 200 Å, is transformed into the characteristic radiations in the observable range of He⁺, O⁺⁺, N⁺⁺, He and H. From this diagram it is evident that one quantum of 200 Å radiation from the star can cause the emission of 12 to 14 quanta in the observable range. The high efficiency of this transformation explains at once why the observable radiation excited in the nebulae by this mechanism may be many times as intense as the stars own radiation in the observable range. Consequently it is not surprising that this bright line radiation of the nebulae excited by the very hot stars completely overshadows any stellar radiation directly scattered or reflected by the nebulae.

Pasadena, California Institute of Technology.

I. S. BOWEN

¹ For details of this classification see I. S. BOWEN, *Ap. J.* 81, 1, 1935.

ÉVOLUTION DE LA PALÉOPHYTOLOGIE

L'auteur se place à un point de vue très général et donne un aperçu des progrès réalisés dans les techniques, les applications scientifiques et la conception de la phytopaléontologie, dans ses rapports avec la botanique, la géologie, la paléogéographie et la paléoclimatologie. En biologie, elle apporte la connaissance de types collectifs qui unissent des groupements systématiques de valeur taxonomique diverse, dont la botanique, limitée aux espèces actuelles souvent fixées, sans plasticité et représentant parfois le reliquat d'un stock ancestral important, n'eût pu soupçonner l'existence. En stratigraphie elle permet l'établissement d'échelles qui tiennent compte de la fréquence des espèces, de leur durée et de leurs associations grâce auxquelles on a pu paralléliser d'un bassin à l'autre et d'un pays à l'autre, les couches exploitables. L'auteur fait ressortir l'autonomie de la phytopaléontologie qui ne peut être considérée comme un chapitre de la botanique ou de la géologie.

Il y a relativement peu d'années, la Phytopaléontologie eut à peine figuré dans une encyclopédie scientifique. Incorporée soit aux cours de Botanique, soit aux cours de Géologie, elle apparaissait comme un corollaire de l'une ou l'autre de ces disciplines auxquelles elle s'épaulait étroitement. Mais est-il des sciences indépendantes ? Dans ses relations avec la Botanique et la Géologie, la Paléontologie végétale fait à ses sœurs aînées autant d'emprunts qu'elle leur apporte de connaissances nouvelles.

Le caractère fragmentaire du matériel fossile nuit au crédit des Paléontologies. Comparés au matériel vivant, abondant et continu dans sa morphologie et sa croissance, dont dispose le botaniste, les débris de plantes, altérés dans leur forme primitive, dans leurs connexions anatomiques, leur structure interne, réalisent une telle défiance apparente de documentation, que l'on comprend la prudente défiance manifestée au début de l'activité de la Paléobotanique. On ne peut contester cependant que les matériaux accumulés depuis plus d'un siècle se sont complétés, contrôlés, que d'un chaos d'incertitudes de patientes observations ont dégagé de l'accumulation des faits, des connaissances qui ont constitué des bases logiques de raisonnement. Successivement, des corrections d'interprétations furent acquises et des hypothèses solides purent être émises. Une autre raison du progrès de la Paléophytologie, est la mise au point dans ces quinze dernières années de toute une gamme de techniques créées successivement par des spécialistes, pour répondre aux multiples exigences du matériel, suivant son état de conservation, son âge géologique. Ces techniques nouvelles, permettent de lire un fossile dans toute la précision des détails conservés.

Je voudrais, dans cet article, faire ressortir la variété des applications scientifiques de la Phytopaléontologie et parler d'une façon tout à fait générale de l'évolution qui s'est produite dans la con-

ception de la Paléobotanique, non pas dans le milieu des chercheurs, mais plutôt celle qui lentement gagne l'esprit du grand public cultivé, à qui cette science d'apparence un peu rude et trop spécialisée est ignorée. Je laisserai volontairement de côté, l'historique des étapes successives parcourues au cours d'un siècle, faites de découvertes inespérées, soudaines et rapprochées et de périodes de stationnement plus ou moins prolongées.

MATÉRIEL D'ÉTUDE.

Par fossilisation, on entend l'ensemble des phénomènes qui ont affecté, après leur vie, les organismes enfouis dans les couches sédimentaires et par extension, leurs traces ou débris. Tous les organismes ne se trouvent pas dans le même état au moment de leur enfouissement. Des modifications chimiques plus ou moins intenses : putréfaction, désagrégation, décomposition, ont pu les modifier ; des phénomènes d'ordre mécanique peuvent avoir produit des écrasements, une fragmentation, un transport classant le matériel par ordre de densité. Après l'enfouissement, l'ensevelissement progressif sous les sédiments détermine des tassements, et les phénomènes tectoniques produisent des altérations mécaniques auxquelles s'ajoutent des transformations chimiques imputables au métamorphisme, au mode de cimentation, à la dissolution, à l'érosion, etc.

Les modes de fossilisation sous lesquels les animaux se trouvent dans les roches sont nombreux. Les uns sont communs à tous les animaux, les autres sont particuliers à certains groupes.

Les modes de fossilisation sont nombreux. Certains représentent des modes particuliers et locaux : telles les inclusions dans l'ambre, l'ensevelissement sous des pluies de poussière volcanique ou dans la lave. D'autres sont en partie la conséquence du *modus vivendi* des organismes vivants dans des sources fortement minéralisées, ou d'algues sécrétant un revêtement calcaire. Ces modes d'enfouissement et de fossilisation sont sporadiques, ils sont précieux mais ne constituent pas le matériel le plus commun dont dispose la Paléontologie pour atteindre à la connaissance des plantes fossiles.

Nous n'envisagerons ici, avec quelques détails, que deux modes de fossilisation qui ont contribué par leur fréquence et par la précision de leurs données au développement de la Phytopaléontologie. Les échantillons du type le plus habituel, le plus familier aux chercheurs et aux collectionneurs sont les végétaux dits « en empreintes ». Les roches reproduisent le plus pellicule charbonneuse, les traces laissées sur la roche par les membres d'une plante: tige ou rameaux, feuilles, fructifications, organes souterrains, racines, rhizomes. Si le sédiment dans lequel a été enfoui ce végétal est à grain fin, par exemple une argile, les détails de l'ornementation superficielle pourront être conservés avec

grande précision sur l'empreinte. L'étude macroscopique des empreintes révèle, sous condition de fossilisation adéquate, l'angle de ramification des axes et son architecture, la forme des feuilles, leur mode d'attache, le type de la nervation, le dispositif des fructifications et leur degré de différenciation, etc. Des dépelliculacions successives de cuticules dont le relief est soigneusement ravivé après chaque prélèvement, au moyen d'une attaque légère permettent la révélation de détails de structure, par exemple, la présence de stomates et de poches aérifères, leur forme, leur fréquence et leur position sur les cuticules de feuilles ou d'axes aphylls. L'étude microscopique des empreintes, relève de techniques minutieuses qui tiennent compte : 1° de la nature de la roche ; — 2° de la nature histologique de l'organe mis à l'étude ; — 3° de l'état de conservation du fossile ; — 4° du comportement de l'échantillon, au cours des phases successives des opérations.

Ces techniques comprennent deux phases principales. 1. Le *traitement chimique de la roche* qui consiste à libérer les débris organiques du support, c'est-à-dire, son extraction de la roche encaissante (par macération de la roche) et ensuite, à l'enlèvement des impuretés (par macération de l'échantillon, (déméralisation). — 2. Le *traitement chimique des restes organiques ainsi isolés*; qui consiste en une oxydation, soit énergique et brève, soit douce et prolongée (plusieurs jours, voire plusieurs semaines), qui éclaircit les débris, les rend transparents tout en les amollissant. Devenus mous et flexibles ils sont aptes à être montés en lames minces, ou, s'il y a lieu, à être inclus dans la paraffine et découpés en sections sérieées au microtome. Si les empreintes ont généralement subi des altérations profondes d'ordre divers, les progrès réalisés dans leur traitement, valorisent dans une large mesure la documentation qu'elles constituent. Il est d'ailleurs, des empreintes qui constituent de véritables documents organographiques, au point de vue de la connexion des différents membres d'un végétal et qui permettent par comparaison, une identification exacte d'empreintes isolées, détachées du tout auquel elles appartenaient; elles permettent de tenter des reconstitutions de l'architecture, du port, des végétaux dans tous leurs détails.

Un autre matériel, providentiel, celui-là, dont dispose la paléobotanique est représenté par les échantillons « à structure conservée ». Les végétaux dits à structure conservée, représentent un mode particulier de conservation qui exige pour se produire, un ensemble de conditions assez complexes dont je vais en quelques mots tracer les phases essentielles.

Les végétaux que l'on recueille dans les couches sédimentaires ont été très généralement déposés sous une certaine épaisseur d'eau. Si la boue où ils gisaient était de nature telle que leur altération s'effectuait à l'abri de l'air, ils échappaient à la putréfaction et leurs

tissus se conservaient. Ils ont parfois, peu après leur enfouissement subi une fixation naturelle, par apport de produits minéralisateurs contenus en dissolution ou à l'état colloïdal dans les eaux qui les baignent. Ces minéralisateurs peuvent être de diverses natures : carbonates calciques, dolomie, sidérose, pyrite ou quartzo silice. Les eaux chargées de carbonates ou d'autres minéralisateurs qui imprégnent les tissus végétaux, ont comblé par un dépôt des matières en solution, les cavités cellulaires généralement vidées de leur contenu protoplasmique. Seules, les parois cellulaires, plus résistantes aux agents de la putréfaction, parce qu'en cellulose, elles poursuivent, dans leur inclusion minérale, leur évolution vers l'état d'un lignite bruyant, ce qui détermine, dans la plupart des cas, une opposition fort heureuse avec la coloration des substances minérales du remplissage qui donne à l'ensemble sa tonalité générale. Les exemples les plus nombreux de ce mode particulier de conservation sont fournis par les « coal-balls » (nodules) rencontrés parfois dans les couches de houille. Ils se présentent sous forme de concrétions arrondies ou ovales de dimension variable (de deux à trente ou quarante centimètres de diamètre); parfois des portions entières de couches de houille sont minéralisées. Toutefois, des végétaux à structure conique des sédiments, depuis le dévonien inférieur jusqu'au crétacé ont subi ce mode d'inclusion, ont leur structure anatomique généralement bien conservée. Quand la fixation minérale s'est produite avant que ne s'opère un tassement exagéré, les détails histologiques conservent une grande netteté. L'étude au microscope peut en être entreprise en lames minces sériées, exécutées suivant des méthodes appropriées, elle devient aussi commode que celle des végétaux vivants actuels.

Il est acquis aujourd'hui que l'étude de l'anatomie comparée des plantes renseigne, au même titre que celle de l'appareil fructifère, sur les grandes divisions systématiques, et que les structures à caractères intermédiaires correspondent à des sections systématiques de transition. Les végétaux à structure conservée présentent donc des données qu'elles apportent. Elles permettent : 1° d'atteindre à la connaissance des structures des plantes actuelles en général si difficile, de rechercher des filiations probables, des parentés éventuelles; — 2° l'étude de leur anatomie comparée permet d'établir des analogies de structure, des différences; — 3° enfin de déterminer la position systématique exacte des plantes fossiles. Cette somme de connaissances, jointe à la documentation fournie par les empreintes, sur le port des plantes, le détail de la ramification, toute la morphologie externe, permet de débrouiller le com-

plexe représenté par une flore fossile qui a colonisé plusieurs millénaires avant notre ère, la surface du globe. La répercussion que peut avoir sur la classification générale des végétaux un ensemble de connaissances de cet ordre, n'est plus à démontrer. Un exemple classique illustrera mieux qu'un long exposé cette première forme de l'activité de la paléophytologie.

PTÉRIDOSPERMÉES.

Les recherches paléobotaniques ont ressuscité des couches sédimentaires où elles étaient enfouies depuis quelque deux cent millions d'années, des plantes appartenant à une classe exclusivement fossile : les *Ptéridospermées*. Les caractéristiques dominantes de la nouvelle classe se sont dégagées peu à peu, au cours de cinquante années de récoltes, d'observations patientes, de tentatives de synthèses qui passionnèrent botanistes et paléobotanistes de l'époque. La classe des *Ptéridospermées*, telle qu'elle est admise aujourd'hui, groupe un ensemble de plantes dont les caractères collectifs sont ceux de deux divisions importantes du règne végétal : les *Ptéridophytes* et les *Gymnospermes*. Dans la nature actuelle, un hiatus profond sépare les *Ptéridophytes* des *Spermaphytes*, c'est-à-dire d'une part les végétaux du type des Fougères des *Prêles* des *Lycopodes*, des végétaux rangés parmi les *Gymnospermes* et *Angiospermes* d'autre part. Les traits dominants de la morphologie et de l'anatomie des représentants de ces deux embranchements, s'opposent nettement; et pour ne citer que le caractère taxonomique le plus précis, l'appareil fructifère, il atteint chez les *Gymnospermes* et les *Angiospermes* le type graine, tandis que chez les *Ptéridophytes* il ne dépasse pas le stade spore. Parmi les représentants actuels des deux embranchements, il n'existe aucun groupe, aucune famille, capables d'apporter quelque indice de filiation ou de descendance probable entre les deux phyllums qui paraissent indépendants.

Dans cet état de carence de connaissances, on comprendra l'intérêt que suscita la révélation de l'existence antérieure de plantes associant à un port de fougères arborescentes à larges frondes, une anatomie reflétant des caractères de *flicales* et de *cycadales* et un appareil végétatif reil fructifère relativement peu différencié de l'appareil végétatif mais constitué par des graines richement vascularisées, pourvues d'une chambre pollinique et construites sur le type *Cycadophyte*. Apparues timidement au dévonien moyen par des types précurseurs, les *Ptéridospermées* constituent l'un des éléments floristiques les plus caractéristiques de l'époque carbonifère où elles atteignent à l'époque houillère leur épanouissement maximum, pour s'éteindre définitivement semble-t-il au trias. La classe des *Ptéridospermées*, riche en formes nombreuses, hautement différenciées dans diverses directions

mais dont toutes unissent aux caractères secondaires qui les distinguent: 1° des frondes filicoïdes; — 2° une anatomie de transition; — 3° des graines; — prirent logiquement une position intermédiaire entre les Ptéridophytes et les Spermaphytes. Une passerelle était jetée entre deux grandes divisions du règne végétal.

Le champ nouveau de recherches qui s'ouvrait, n'a, dans les résultats obtenus dans la suite, que renforcé les liaisons entrevues et supposées. Ainsi donc l'existence d'un phyllem hautement différencié qui pendant des millions d'années avait colonisé la surface presque entière de la terre (car les Ptéridospermées eurent une extension géographique cosmopolite) était parvenu à notre connaissance. Les Ptéridospermées sont une des médailles particulièrement réussies du catalogue des faits de la Phytopaléontologie. Il en est de séquences phylogénétiques et systématiques des recherches paléontologiques. La résolution du problème complexe de l'origine des Angiospermes appartient au domaine de la phytopaléontologie. Déjà, la combinaison des caractères collectifs de formes comme les Benettitales et les Caytoniales apportent une orientation nouvelle à la solution de cette question.

Et combien passionnante est l'étude de la flore de l'époque dévonienne où se rencontrent aux étages successifs des formes d'une diversité étonnante qui possèdent à l'état potentiel et à des degrés différents, les traits dominants des phyllems qui s'épanouiront aux époques suivantes. Dès les niveaux les plus inférieurs apparaissent les premiers végétaux vasculaires, Bryophytes et Psyllophytes, dont l'appareil végétatif est sans feuilles vraies, sans racines et dont les sporanges pendent à l'extrémité de fins rameaux. Au dévonien moyen, à côté de ces types primitifs encore persistants mais en décadence, on voit apparaître des formes nouvelles chez lesquelles la différenciation s'accuse entre l'appareil végétatif et l'appareil fructifère et qui sont les précurseurs indéniables des Lépidophytes, Arthrophytes, Filicales et Ptéridospermées, dont le développement progressif, pendant le dévonien supérieur, amène ces groupes au seuil de l'épanouissement qu'ils connaîtront à l'époque houillère. La paléobotanique pourrait faire valoir encore de nombreuses acquisitions importantes dont elle dote la botanique mais ce serait s'éloigner du but de cet article que n'envisager que sous ce seul aspect biologique, la paléontologie végétale.

STRATIGRAPHIE.

L'inventaire systématique des plantes fossiles recueillies à travers la succession des couches sédimentaires a permis de dégager certaines lois générales auxquelles sont soumises les flores au cours de

l'histoire géologique de la terre. Ces notions utilisées dans les études stratigraphiques se sont montrées fécondes.¹ « Au cours des temps géologiques on assiste à l'apparition successive d'espèces qui se développent, atteignent un épanouissement maximum, puis déclinent. Ce déclin se poursuit jusqu'à l'extinction définitive des formes pour certaines classes; plus généralement, des représentants sporadiques plus ou moins chétifs témoignent de la persistance du phyllem à travers les temps. De l'apparition et de la disparition simultanée des diverses espèces, découle la notion du « fossile caractéristique ». Un fossile est dit caractéristique quand l'espèce envisagée a vécu pendant une période relativement courte de l'histoire de la terre et qu'en outre, il présente une extension géographique très considérable. En d'autres termes, quand il a vécu sur la plus grande partie du globe pendant une période relativement courte. Ainsi le genre *Lepidodendron* est caractéristique du carbonifère; l'apparition en masses des *Callipteris* est caractéristique du Permien; les *Glossopteris* et les *Gangamopteris* caractérisent le permo-trias du continent de Gondwana, les Benettitales sont un trait particulier des terrains secondaires et en particulier du jurassique.

La découverte de fossiles dans une roche permet donc d'en déterminer l'âge, mais seulement entre certaines limites, qui sont les limites mêmes de l'extension verticale de l'espèce considérée. La rencontre du même fossile en grande abondance dans un banc ne signifie pas nécessairement que l'on se trouve dans sa zone d'épanouissement maximum. Il faut tenir compte des variations locales des flores qui peuvent faire qu'en un point un végétal soit bien représenté alors qu'ailleurs il fait complètement défaut. L'hypothèse présentée alors qu'ailleurs il fait complètement défaut. L'hypothèse ne peut être admissible que si le même fossile se rencontre abondamment sur une certaine épaisseur de roches comprenant plusieurs niveaux assez différents. La transformation de l'ensemble d'une flore étant progressive et lente, et la localisation des espèces à ère la plus restreinte assez délicate, la distinction de deux flores d'âge rapproché sera toujours assez difficile. Aussi, les échelles stratigraphiques sont-elles souvent subdivisées en un certain nombre de termes dont les limites restent imprécises ».

Les flores opposent d'autant plus nettement l'ensemble de leurs caractères qu'on les envisage en fonction des grandes subdivisions géologiques; ce qui revient à dire qu'une flore à caractères tranchés et constants caractérise et identifie une époque géologique déterminée. D'autre part, une association végétale se compose d'un groupement hétérogène d'espèces fidèles et constantes qui croît dans un milieu favorable à l'association. Le type floral auquel appar-

¹ Les idées développées dans la partie entre « » sont empruntées à A. Renier qui les a exposées dans: *Les méthodes paléontologiques pour l'étude stratigraphique du terrain houiller*. (Revue univ. des Mines, etc., IV^e Série, T. XXI et XXII. Paris, Liège, 1908).

tient l'association rencontrée renseignera sur certains caractères de l'habitat de l'association. L'on tirera de tels faits une estimable documentation relative à la nature des formations sédimentaires (lacustres, marécageuses, littorales, continentales) et ainsi sera atteinte la notion de *faciès* si importante en paléontologie stratigraphique. Certains terrains ont fait l'objet de recherches spéciales, par exemple. Son étude a montré que chaque banc rocheux possède des caractères paléontologiques qui lui sont propres. La loi de l'apparition et de la disparition successive des espèces avec l'indication des niveaux de provenance et de la fréquence, se traduit graphiquement en échelles stratigraphiques dont les subdivisions établissent l'ordre de superposition des couches. L'extraction de nombreuses carottes de sondage dans un bassin houiller et leur examen minutieux permet de dresser des échelles stratigraphiques qui, comparées de couches, établissent des concordances et des discordances, liant entre eux les différents bassins, d'un même pays et ceux-ci avec les bassins des pays circonvoisins.

Une synthèse de cet énorme travail est représentée par les planches des échelles stratigraphiques des grands bassins houillers des pays producteurs de houille. Semblable graphique a été dressé pour la Belgique par le professeur Renier, chef du service géologique de ce pays.¹ Les multiples données fournies par les bureaux d'étude des charbonnages des différents bassins de la Campine, de Liège, de Mons, de Charleroi, de Namur, ont été condensées dans un tableau stratigraphique, encadrées par les échelles stratigraphiques synthétiques des bassins de Westphalie, du Limbourg hollandais et du Nord de la France.¹ L'admirable ensemble de renseignements que représente ce catalogue de faits vérifiables, dont chaque nouveau sondage vient contrôler, affirmer, modifier aussi les raccords hypothétiques, est une illustration très honorable, je crois, de l'aide apportée par la paléobotanique aux études stratigraphiques.

CLIMATOLOGIE.

D'autres disciplines, moins classiques peut-être que la Botanique et la Géologie stratigraphique, utilisent l'acquis des sciences paléontologiques.

La distribution des plantes sur la surface de la terre, à quelque époque que ce soit de son histoire, peut être considérée comme l'expression d'interrelations réciproques entre les végétaux et le milieu. Une association de plantes fossiles est, au même titre qu'une associa-

¹ A. RENIER, *Considérations sur la stratigraphie du terrain houiller de la Belgique*. (Mem. Muséum Royal d'Hist. Nat. de Belgique. Mém. 44 Pl. A. Bruxelles, 1930).

tion végétale actuelle, un groupement hétérogène mais constant d'espèces fidèles qui présentent dans leur diversité une *physionomie uniforme*, et dont les composants croissent dans des conditions *stationnelles* favorables à l'association. Les traits communs aux constituants d'une association sont une réponse aux agents extérieurs, qui agissent sur le soma des espèces caractéristiques, accessoires et accidentelles qui la composent. L'interrelation de la végétation et du milieu est infiniment complexe. Les conditions stationnelles dépendent de nombreux facteurs: climatiques, édaphiques, topographiques, biologiques, atmosphériques, de l'interdépendance des plantes les unes vis-à-vis des autres, etc. L'étude d'une flore fossile ne peut démembrer la part d'influence propre à chacun de ces facteurs.

Cependant, les empreintes de végétaux récoltés dans certaines régions arctiques, ont révélé une colonisation luxuriante antérieure de ces territoires, actuellement recouverts de glace. Au Rhétien, le Groenland fut couvert par un tapis végétal dont les éléments ressemblent fort étroitement aux végétaux caractérisant actuellement les contrées sub-tropicales et tropicales. Au jurassique, le Grahamland connut une flore riche et variée; pendant l'Eocène, la Belgique compta parmi ses espèces autochtones, trente espèces de palmiers. Des modifications aussi accusées dans la colonisation des continents par les végétaux peuvent être acceptées comme une résultante de fluctuations du climat. Est-ce à dire que le climat soit le seul responsable? Non. Il ne viendrait à l'esprit de personne de considérer la distribution actuelle des plantes sur la surface de la terre comme l'expression simple et directe d'une corrélation entre plantes et climat. Bien d'autres facteurs interviennent que nous ne connaissons encore que fort imparfaitement. Notre connaissance est plus incomplète encore si le problème est reporté aux flores anciennes. Ce pendant, la documentation paléontologique renseigne par deux fois, au cours de l'histoire de la terre, du dévonien au carbonifère et du trias à la fin du jurassique, une colonisation végétale à physionomie uniforme, retrouvée sur la plus grande partie des régions continentales actuelles. Cette uniformité de la couverture végétale au cours de ces périodes, exclut l'idée de zones climatiques localisées éphémères, et le type floristique exclut la possibilité de balancements saisonniers. Les variations de flores que l'on peut y relever, dépendent de autres facteurs, et s'il est permis d'espérer de découvrir l'action de ces agents, c'est une étude adéquate des vestiges d'associations végétales de ces époques qui les mettra en relief. Ces deux époques géologiques, l'une caractérisée par l'abondance et la variété des Ptéridophytes et des Ptéridospermées, l'autre par la prédominance des Gymnospermes, sont reliées par une époque de transition: le Permien, durant laquelle la flore subit un remaniement profond. Des provinces botaniques à caractères tranchés et distinctifs se découvrent dans l'hémisphère

sud: province botanique de Gondwana; en Chine: province de Shansi; en Europe: terre d'Angara (Sibérie); en Amérique: dans le canion de l'Arizona.

Ces modifications de la physionomie végétale de la terre, sont en corrélation avec des témoins de glaciations et d'autres phénomènes géologiques accusant une période de variations climatiques profondes. Ces quelques exemples tendent déjà à démontrer qu'une flore fossile prise dans son ensemble, lors de sa phase d'épanouissement et de sa répartition géographique la plus étendue, peut fournir des renseignements sur les conditions d'habitat. Mais le problème des variations climatiques à travers l'histoire de la terre est une question à résoudre par la coopération d'activités multiples dans différents champs d'action tels que les paléontologies animale et végétale, la géologie, la météorologie, l'astronomie; par la confrontation des documents anciens avec les effets et les causes actuelles dans toutes les disciplines touchant à la nature.

PALÉOGÉOGRAPHIE.

Les questions de paléogéographie se lient intimement à celles de la paléoclimatologie.

Les hypothèses sur la répartition des faunes et des flores trouvent aussi à s'alimenter aux sources des paléontologies. Une investigation des documents paléontologiques fait ressortir que « pendant les époques géologiques passées, les différentes flores étaient riches en éléments lesquels aujourd'hui sont plus localisés ». ¹ La répartition ancienne des types animaux et végétaux semble primitivement avoir occupé de vastes continents et tardivement seulement rétréci leur aire de dispersion en un ou quelques points du globe. Edouard Berry ² à qui l'on doit d'importantes études sur la flore Crétacique et l'Eocène d'Amérique émet l'opinion que l'abandon des régions larges habitées autrefois par les plantes mésozoïques n'est pas le résultat d'une migration des formes vers des régions garantissant un optimum de conditions favorables, ou la conséquence d'un retrait dû à l'établissement des formes sur les continents colonisés de conditions défavorables à leur croissance et à leur reproduction, mais un effet de la brisure des chaînons de liaison existant entre les grandes aires de distribution géographique. Un exemple de la concentration centripète des formes est donné par les Ginkgoales. ³ La seule espèce de

¹ D. ROSA, *Ipotesi dell'Ologenesi* (Boll. dei Musei di Zoologia, etc. di Torino, Vol. XIV, 1909) et *L'Ologenesi*. Nouvelle théorie de l'évolution et de la distribution géographique des êtres vivants (Paris, Alcan, 1931).

² E. W. BERRY, *The Upper-Cretaceous and Eocene Floras of South-Carolina and Georgia* (Dep. of Inter. U. S. Geol. Surv. Prof. paper N° 84, Washington, 1914).

³ S. LUCIENCO, *Quelques faits paléontologiques montrant la concentration centripète de formes jadis cosmopolites* (Ann. Soc. Géol. de Belgique, T. LIV, N° 9, Liège, 1931).

cette classe actuellement vivante est le *Ginkgo biloba* L. Il a été considéré à juste titre par Darwin comme un « fossile vivant ». Les deux genres *Ginkgo* et *Baiera* ne se distinguent que par la découpe plus ou moins profonde du limbe. Ces deux formes sont connues avec certitude dès le permo-trias ou elles se rencontrent dans les deux Amériques, en Europe, en Asie, en Australie, en Chine, au Japon, dans l'Inde, en Nouvelle-Zélande et dans l'Afrique du Sud. Au jurassique et au crétacique elles couvrent toute l'Europe, l'Asie (Chine, Japon, Indes) l'Australie, la Nouvelle-Zélande, les deux Amériques, le Groenland, le Spitzberg, la terre François-Joseph. Pendant le tertiaire, ces formes se localisent en Europe, au Japon, à la Nouvelle-Zélande, à l'Amérique du Nord, au Groenland. Elles accentuent encore cette localisation au quaternaire et le genre *Baiera* ne dépasse pas le tertiaire. Dès leur apparition, les Ginkgoales atteignent une répartition cosmopolite, elles perdent du terrain dès le secondaire, accentuent leur concentration au tertiaire et pendant le quaternaire et l'ère actuelle où elles se localisent étroitement. Nous assistons au permo-trias à l'épanouissement des formes primitives à limbe peu découpé, suivi à la fin du secondaire et pendant l'ère tertiaire par la multiplication et la différenciation des formes, concomitante à une première restriction de leur aire de distribution. Ces plantes, appropriées à un climat tempéré chaud, sont susceptibles d'occuper une aire très étendue; il semble peu probable qu'elles aient subi l'extrême réduction de leur extension géographique aux seuls agents climatiques. Il apparaît plutôt que le mouvement si net de concentration centripète des Ginkgoales soit dû au fait, que ces plantes en voie de disparition ont cédé la place à des formes plus vivaces et plus plastiques et réduit leur aire de dispersion parallèlement à la différenciation et au déclin du genre. La localisation des formes marche souvent de pair avec la fixation des types.

On pourrait citer d'autres exemples étayant la thèse de la concentration centripète des formes en voie d'extinction; mais l'espace limité dont je dispose ne permet pas de développer davantage ce sujet. Si cet article, forcément incomplet, fait apparaître que la Paléobotanique est loin aujourd'hui de la phase embryonnaire qui consistait à cataloguer les formes, à accumuler des faits, le but est atteint. La Phytopaléontologie accède maintenant à la période de synthèse, où, après l'établissement des grandes lois, elle tente de connaître la raison des choses. La Phytopaléontologie est aujourd'hui une science explicative, une science autonome.

Là où une école de Paléobotanique a pu se développer, l'enseignement de la Botanique a été modifié. Parmi les végétaux, il est des classes, des embranchements même qui ne sont représentés dans la nature actuelle que par un maigre reliquat de formes dont la compréhension phylogénétique ne peut être atteinte dans toute

son ampleur, sans la connaissance du puissant stock des formes fossiles qui les représentent au travers des formations géologiques. Tel est le cas des Cryptogames vasculaires ou Ptéridophytes et des Gymnospermes. Un enseignement tenant compte de l'interdépendance des formes vivantes et fossiles atteindrait une harmonie très favorable à l'assimilation des matières. Quelques pays sont entrés dans cette voie et ont réalisé ce progrès dans certaines de leurs Universités: en Angleterre à Cambridge, à Manchester, à Glasgow; en Suède à Stockholm; en Allemagne à Munich, en France à Lille. Il serait souhaitable que cet exemple soit suivi et généralisé.

Liège, Faculté des Sciences

S. LECLERCQ